



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**IMPLEMENTASI DAN ANALISA PERBANDINGAN
KINERJA VIRTUALISASI *SERVER* MENGGUNAKAN
VMWARE ESXI DAN MICROSOFT HYPER V**

Danar Pertasi Hidayat
NRP. 2213106006

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

***IMPLEMENTATION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF
SERVER VIRTUALIZATION PERFORMANCE USING
VMWARE ESXI AND MICROSOFT HYPER V***

Danar Pertasi Hidayat
NRP. 2213106006

Supervisors
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**Implementasi dan Analisa Perbandingan Kinerja
Virtualisasi Server Menggunakan VMWARE ESXi dan
Microsoft Hyper V**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi dan Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
NIP. 196510141990021001

Ir. Gatot Kusrahardjo, MT
NIP. 195904281986011001

**SURABAYA
JANUARI, 2016**

**JURUSAN
TEKNIK ELEKTRO**

IMPLEMENTASI DAN ANALISA PERBANDINGAN KINERJA VIRTUALISASI *SERVER* MENGGUNAKAN VMWARE ESXi DAN MICROSOFT HYPER V

Nama : Danar Pertasi Hidayat
Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
: Ir. Gatot Kusrahardjo, MT

ABSTRAK

Virtualisasi telah merevolusi cara pengelolaan *data center*. Setelah menerapkan virtualisasi, beberapa sistem operasi dan aplikasi dapat dijalankan dalam satu perangkat keras yang sama sehingga tidak perlu membeli *server* baru ketika ada aplikasi baru yang perlu untuk dijalankan. Virtualisasi juga dapat mengurangi biaya operasional karena dengan adanya virtualisasi, *server* dan perangkat lainnya tidak perlu ditambah sehingga mengurangi daya listrik dan pendingin yang dibutuhkan di *data center*.

Terdapat berbagai macam jenis *hypervisor* yang ada, tentunya perlu diketahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menguji kinerja dari virtualisasi *server* menggunakan *hypervisor* VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V untuk melakukan virtualisasi dengan melakukan pengujian dan perbandingan performa (CPU, *memory*, *disk* dan *network*), *overhead* dan linearitas dari masing-masing *hypervisor* tersebut. Perancangan dimulai dengan cara membuat beberapa *virtual machine* dengan spesifikasi yang sama lalu dijalankan aplikasi untuk mengukur kinerja dari *virtual machine* tersebut.

Untuk hasil pengujian CPU, kinerja VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V dengan presentase sebesar 12,5 % untuk parameter *integer math*, kinerja VMWare ESXi juga lebih baik dari Hyper V dengan presentase sebesar 18,43% untuk parameter *floating point math*, sedangkan untuk parameter *prime number* VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V dengan presentase 10% dan kinerja VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V sebesar 15,93% untuk parameter *extended instructions*.

Kata Kunci : *Hypervisor*, Microsoft Hyper V, VMWare ESXi, Virtualisasi

IMPLEMENTATION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF SERVER VIRTUALIZATION PERFORMANCE USING VMWARE ESXI AND MICROSOFT HYPER V

Name : Danar Pertasi Hidayat
Supervisor : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
: Ir. Gatot Kusrahardjo, MT

ABSTRACT

Virtualization has revolutionized the way data center management. After applying virtualization, multiple operating systems and applications can be run in the same hardware, so no need to buy a new server when there is a new application that needs to be run. Virtualization can also reduce operational costs due to the presence server virtualization be no need to add servers and hardware in the data center and reduce power and cooling needs.

There are various types of existing hypervisor, we certainly need to know which hypervisor performance is better. Purpose of this final project is to measure performance of hypervisor VMWare ESXi and Microsoft Hyper V with doing performance test and comparison (CPU, memory, disk and network) overhead and linearity for each hypervisor. Planning started with creating couple of virtual machine with same specification then running benchmark to measure performance.

For CPU test results, the performance of VMWare ESXi is better than Hyper V with a percentage of 12.5% for integer math, VMWare ESXi performance is also better than Hyper V with a percentage of 18.43% for the parameters of floating point math, while for the parameter VMWare ESXi prime number better than Hyper V with a percentage of 10% and VMWare ESXi better performance than Hyper V amounted to 15.93% for the extended instructions parameter

Keywords : Hypervisor, Microsoft Hyper V, VMWare ESXi, Virtualization

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan bantuan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul:

Implementasi dan Analisa Perbandingan Kinerja Virtualisasi Server Menggunakan VMWARE ESXi dan Microsoft Hyper v
(Implementation and Comparative Analysis Of Server Virtualization Performance Using VMWARE ESXi and Microsoft Hyper v)

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini penulis telah terbantu oleh beberapa pihak, antara lain:

1. Kedua orang tua, Yayat Hidayat dan Ayunah, Kakak dan adik penulis, Doddy Arief Hidayat dan Helmi Hidayat yang selalu mendukung, mendoakan dan memberikan bantuan berupa material dan non material.
2. Bapak Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA dan Bapak Ir. Gatot Kusraharjo, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan teknis dan semangat ketika penulis mengalami permasalahan dalam penelitian.
3. Ketua jurusan, Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Lintas Jalur Teknik Elektro ITS atas ilmu dan bimbingannya selama proses perkuliahan.
4. Teman-teman Lintas Jalur Genap 2013, khususnya program studi TMM:Joko, Bambang, Tiyan, Depa, Sherly, Ummu, Banyu, Mbak Dwi, Chipe, Mbak Dita, Dessy, Mbak Tania dan Mbak Nita serta teman-teman kontrakan lintas jalur: Azfar, Kimi, Bang Fadli, Peppep, Arfan, Nurio, Bang Hungkul, Wahyu dan Teguh atas semua kenangan dan kebersamaan selama 2 tahun kuliah di ITS

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika	4
1.7 Manfaat.....	4
BAB 2	5
2.1 Virtualisasi.....	5
2.1.1 Jenis-Jenis virtualisasi.....	5
2.1.1.1 Hardware Assisted Virtualization.....	5
2.1.1.2 Full Virtualization	6
2.1.1.3 Paravirtualization.....	6
2.1.1.4 Partial Virtualization	6
2.1.2 Virtualisasi <i>server</i>	6
2.1.2.1 Virtual machine	6
2.1.2.2 Virtualisasi processor	7
2.1.2.3 Virtualisasi memory	7
2.1.2.4 Virtualisasi storage.....	8
2.1.3 Virtualisasi <i>network</i>	9
2.1.3.1 Virtual switch	9
2.1.3.2 Virtual Ethernet adapter	9
2.2 <i>Hypervisor</i>	9
2.2.1 <i>Hypervisor Tipe 1</i>	10

2.2.2	<i>Hypervisor Tipe 2</i>	10
2.3	<i>Overhead</i>	10
2.4	<i>Linearity</i>	11
2.5	<i>UDP</i>	11
2.6	<i>Quality Of Service (QOS)</i>	12
2.6.1	<i>Bandwidth</i>	12
2.6.2	<i>Throughput</i>	13
2.6.3	<i>Jitter</i>	14
2.6.4	<i>Packet loss</i>	14
2.7	<i>Windows Server</i>	14
2.8	<i>VMWare ESXi</i>	15
2.9	<i>Hyper V</i>	16
2.10	<i>PassMark</i>	17
2.10.1	<i>CPU</i>	17
2.10.1.1	<i>Integer Math</i>	17
2.10.1.2	<i>Floating Point Math</i>	18
2.10.1.3	<i>Prime Numbers</i>	18
2.10.1.4	<i>Extended Instructions (SSE)</i>	18
2.10.1.5	<i>Compression</i>	18
2.10.1.6	<i>Encryption</i>	19
2.10.1.7	<i>Physics</i>	19
2.10.1.8	<i>Sorting</i>	19
2.10.1.9	<i>Single Threaded</i>	19
2.10.2	<i>Memory</i>	19
2.10.2.1	<i>Database Operations</i>	20
2.10.2.2	<i>Read Cached</i>	20
2.10.2.3	<i>Read Uncached</i>	20
2.10.2.4	<i>Write</i>	20
2.10.2.5	<i>Available RAM</i>	20
2.10.2.6	<i>Latency</i>	20
2.10.2.7	<i>Threaded</i>	20
2.10.3	<i>Disk</i>	20

2.10.3.1	Sequential Read	21
2.10.3.2	Sequential Write	21
2.11	JPerf.....	21
BAB 3	.....	23
3.1	Lingkungan Pembangunan Sistem	23
3.1.1	Lingkungan Perangkat Lunak	23
3.1.2	Lingkungan Perangkat Keras	23
3.1.3	Lingkungan <i>Virtual machine</i>	24
3.2	Skenario perancangan	24
3.3	Instalasi dan Konfigurasi Sistem	27
3.4	Lingkungan Uji Coba	27
3.5	Skenario pengujian dan pengambilan Data	28
3.5.1	Pengujian performa CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i>	30
3.5.2	Pengujian performa <i>network</i>	31
3.5.3	Pengujian <i>overhead</i> CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i>	32
3.5.4	Pengujian <i>linearity</i> CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i>	33
BAB 4	.....	35
4.1	Pengujian Performa Hyper V dan VMWare ESXi	35
4.1.1	Pengujian CPU.....	35
4.1.1.1	Integer Math	35
4.1.1.2	Floating Point Math.....	36
4.1.1.3	Prime Numbers.....	37
4.1.1.4	Extended Instructions (SSE).....	37
4.1.1.5	Compression.....	38
4.1.1.6	Encryption	39
4.1.1.7	Physics.....	40
4.1.1.8	Sorting	40
4.1.1.9	Single Threaded.....	41
4.1.1.10	Perbandingan pengujian CPU VMWare, Hyper V, Proxmox dan Openstack.....	41
4.1.2	Pengujian <i>memory</i>	43
4.1.2.1	Database Operations.....	43

4.1.2.2	Read Cached.....	44
4.1.2.3	Read Uncached.....	44
4.1.2.4	Write.....	45
4.1.2.5	Available RAM	46
4.1.2.6	Latency	46
4.1.2.7	Threaded.....	47
4.1.2.8	Perbandingan pengujian memory VMWare, Hyper V, Proxmox dan Openstack.....	48
4.1.3	Pengujian <i>disk</i>	49
4.1.3.1	Sequential Read.....	49
4.1.3.2	Sequential Write	50
4.1.3.3	Perbandingan pengujian disk VMWare, Hyper V, Proxmox dan Openstack.....	50
4.1.4	Pengujian <i>network</i>	51
4.1.4.1	Pengujian network 1 client	51
4.1.4.2	Pengujian network 2 client	55
4.1.4.3	Pengujian network 3 client	58
4.1.4.4	Pengujian network 4 client	62
4.1.4.5	Pengujian network 5 client	66
4.2	Pengujian <i>Overhead</i>	69
4.2.1	Pengujian <i>overhead</i> CPU	70
4.2.1.1	Hasil pengujian overhead CPU VMWare ESXi	70
4.2.1.2	Hasil pengujian overhead CPU Hyper v.....	71
4.2.1.3	Perbandingan hasil pengujian overhead CPU VMWare ESXi dan Hyper v.....	71
4.2.2	Pengujian <i>overhead</i> <i>memory</i>	73
4.2.2.1	Hasil pengujian overhead memory VMWare ESXi 73	
4.2.2.2	Hasil pengujian overhead memory Hyper V	73
4.2.2.3	Perbandingan hasil pengujian overhead memory VMWare ESXi dan Hyper V	74
4.2.3	Pengujian <i>overhead</i> <i>disk</i>	75
4.2.3.1	Hasil pengujian overhead disk VMWare ESXi	75
4.2.3.2	Hasil pengujian overhead disk Hyper V	76
4.2.3.3	Perbandingan hasil pengujian overhead disk VMWare ESXi dan Hyper v.....	77
4.3	Pengujian <i>Linearity</i>	78

4.3.1	Pengujian <i>linearity</i> CPU	78
4.3.1.1	Hasil pengujian <i>linearity</i> CPU VMWare ESXi	78
4.3.1.2	Hasil pengujian <i>linearity</i> CPU Hyper v	79
4.3.1.3	Perbandingan hasil pengujian <i>linearity</i> CPU VMWare ESXi dan Hyper V	79
4.3.2	Pengujian <i>linearity</i> memory	80
4.3.2.1	Hasil pengujian <i>linearity</i> memory VMWare ESXi	81
4.3.2.2	Hasil pengujian <i>linearity</i> memory Hyper V	81
4.3.2.3	Perbandingan hasil pengujian <i>linearity</i> memory VMWare ESXi dan Hyper V	82
4.3.3	Pengujian <i>linearity</i> disk	83
4.3.3.1	Hasil pengujian <i>linearity</i> disk VMWare ESXi	83
4.3.3.2	Hasil pengujian <i>linearity</i> disk Hyper V	84
4.3.3.3	Perbandingan hasil pengujian <i>linearity</i> disk VMWare ESXi dan Hyper V	85
BAB 5	.....	87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	.....	89
LAMPIRAN A: LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL	.....	91
LAMPIRAN B: HASIL PENGUKURAN CPU	.....	93
LAMPIRAN C: HASIL PENGUKURAN MEMORY	.....	96
LAMPIRAN D: HASIL PENGUKURAN DISK	.....	98
LAMPIRAN E: HASIL PENGUKURAN NETWORK	.....	99
LAMPIRAN F: HASIL PENGUKURAN OVERHEAD	.....	114
LAMPIRAN G HASIL PENGUKURAN LINEARITY	.....	116
RIWAYAT HIDUP	.....	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Virtualisasi	5
Gambar 2.2 Virtualisasi <i>processor</i> [6]	7
Gambar 2.3 Virtualisasi <i>memory</i> [6]	8
Gambar 2.4 Virtualisasi <i>storage</i> [6].....	8
Gambar 2.5 Tipe <i>hypervisor</i>	10
Gambar 3.1 Flowchart perancangan.....	25
Gambar 3.2 Arsitektur <i>server</i>	26
Gambar 3.3 Konfigurasi sistem.....	27
Gambar 3.4 Lingkungan uji coba.....	28
Gambar 3.5 Pengujian performa CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i>	30
Gambar 3.6 <i>Flow chart</i> pengujian performa CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i> ...	30
Gambar 3.7 Pengujian performa <i>network</i>	31
Gambar 3.8 <i>Flow chart</i> pengujian performa <i>network</i>	31
Gambar 3.9 Pengujian <i>overhead</i> CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i>	32
Gambar 3.10 <i>Flow chart</i> pengujian <i>overhead</i> CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i> ..	33
Gambar 3.11 Pengujian <i>linearity</i> CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i>	34
Gambar 3.12 <i>Flow chart</i> pengujian <i>linearity</i> CPU, <i>memory</i> dan <i>disk</i> ..	34
Gambar 4.1 Perbandingan <i>integer math</i>	36
Gambar 4.2 Perbandingan <i>floating point math</i>	36
Gambar 4.3 Perbandingan <i>prime numbers</i>	37
Gambar 4.4 Perbandingan <i>extended instructions</i>	38
Gambar 4.5 Perbandingan <i>compression</i>	38
Gambar 4.6 Perbandingan <i>encryption</i>	39
Gambar 4.7 Perbandingan <i>physics</i>	40
Gambar 4.8 Perbandingan <i>sorting</i>	40
Gambar 4.9 Perbandingan <i>single threaded</i>	41
Gambar 4.10 Perbandingan <i>database operations</i>	43
Gambar 4.11 Perbandingan <i>read cached</i>	44
Gambar 4.12 Perbandingan <i>read uncached</i>	45
Gambar 4.13 Perbandingan <i>write</i>	45
Gambar 4.14 Perbandingan <i>available ram</i>	46
Gambar 4.15 Perbandingan <i>latency</i>	47
Gambar 4.16 Perbandingan <i>threaded</i>	47
Gambar 4.17 Perbandingan <i>sequential read</i>	49
Gambar 4.18 Perbandingan <i>sequential write</i>	50
Gambar 4.19 Perbandingan <i>throughput 1 Client</i>	51
Gambar 4.20 Perbandingan <i>jitter 1 Client</i>	52

Gambar 4.21 Perbandingan <i>packet loss</i> 1 <i>Client</i>	54
Gambar 4.22 Perbandingan <i>throughput</i> 2 <i>Client</i>	55
Gambar 4.23 Perbandingan <i>jitter</i> 2 <i>Client</i>	56
Gambar 4.24 Perbandingan <i>packet loss</i> 2 <i>Client</i>	57
Gambar 4.25 Perbandingan <i>throughput</i> 3 <i>Client</i>	59
Gambar 4.26 Perbandingan <i>jitter</i> 3 <i>Client</i>	60
Gambar 4.27 Perbandingan <i>packet loss</i> 3 <i>Client</i>	61
Gambar 4.28 Perbandingan <i>throughput</i> 4 <i>Client</i>	62
Gambar 4.29 Perbandingan <i>jitter</i> 4 <i>Client</i>	63
Gambar 4.30 Perbandingan <i>packet loss</i> 4 <i>Client</i>	65
Gambar 4.31 Perbandingan <i>throughput</i> 5 <i>Client</i>	66
Gambar 4.32 Perbandingan <i>jitter</i> 5 <i>Client</i>	67
Gambar 4.33 Perbandingan <i>packet loss</i> 5 <i>Client</i>	68
Gambar 4.34 <i>Overhead</i> CPU VMWare ESXi.....	70
Gambar 4.35 <i>Overhead</i> CPU Hyper V.....	71
Gambar 4.36 Perbandingan <i>overhead</i> CPU	72
Gambar 4.37 <i>Overhead</i> memory VMWare ESXi.....	73
Gambar 4.38 <i>Overhead</i> memory Hyper V	74
Gambar 4.39 Perbandingan <i>overhead</i> memory	74
Gambar 4.40 <i>Overhead</i> disk VMWare ESXi	76
Gambar 4.41 <i>Overhead</i> disk Hyper V	76
Gambar 4.42 Perbandingan <i>overhead</i> disk.....	77
Gambar 4.43 <i>Linearity</i> CPU VMWare ESXi.....	78
Gambar 4.44 <i>Linearity</i> CPU Hyper V.....	79
Gambar 4.45 Perbandingan <i>linearity</i> CPU.....	80
Gambar 4.46 <i>Linearity</i> memory VMWare ESXi.....	81
Gambar 4.47 <i>Linearity</i> memory Hyper V.....	82
Gambar 4.48 Perbandingan <i>linearity</i> memory.....	82
Gambar 4.49 <i>Linearity</i> disk VMWare ESXi	84
Gambar 4.50 <i>Linearity</i> disk Hyper V	84
Gambar 4.51 Perbandingan <i>linearity</i> disk	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan maksimum.....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Server</i>	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Laptop.....	24
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Virtual machine</i>	24
Tabel 3.4 IP Perangkat.....	26
Tabel 4.1 Perbandingan performa CPU.....	42
Tabel 4.2 Perbandingan performa memory.....	48
Tabel 4.3 Perbandingan performa <i>disk</i>	50
Tabel 4.4 Perbandingan <i>throughput 1 client</i>	52
Tabel 4.5 Perbandingan performa <i>1 client</i>	53
Tabel 4.6 Perbandingan <i>packet loss 1 client</i>	54
Tabel 4.7 Perbandingan <i>throughput 2 client</i>	55
Tabel 4.8 Perbandingan <i>jitter 2 client</i>	57
Tabel 4.9 Perbandingan <i>packet loss 2 client</i>	58
Tabel 4.10 Perbandingan <i>throughput 3 client</i>	59
Tabel 4.11 Perbandingan <i>jitter 3 client</i>	60
Tabel 4.12 Perbandingan <i>packet loss 3 client</i>	61
Tabel 4.13 Perbandingan <i>throughput 4 client</i>	63
Tabel 4.14 Perbandingan <i>jitter 4 client</i>	64
Tabel 4.15 Perbandingan <i>packet loss 4 client</i>	65
Tabel 4.16 Perbandingan <i>throughput 5 client</i>	66
Tabel 4.17 Perbandingan <i>jitter 5 client</i>	68
Tabel 4.18 Perbandingan <i>packet loss 5 client</i>	69
Tabel 4.19 Perbandingan <i>overhead CPU 4 hypervisor</i>	72
Tabel 4.20 Perbandingan <i>overhead memory 4 hypervisor</i>	75
Tabel 4.21 Perbandingan <i>overhead disk 4 hypervisor</i>	77
Tabel 4.22 Perbandingan <i>linearity CPU 4 hypervisor</i>	80
Tabel 4.23 Perbandingan <i>linearity memory 4 hypervisor</i>	83
Tabel 4.24 Perbandingan <i>linearity disk 4 hypervisor</i>	85

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebelum adanya virtualisasi, setiap perusahaan selalu membeli *server* baru ketika membutuhkan aplikasi baru untuk dijalankan. Lambat laun *data center* menjadi penuh dengan *server* yang hanya menggunakan sebagian kecil dari kapasitas total yang tersedia[1]. Penelitian Microsoft memperkirakan *server* skala perusahaan berjumlah 50.000 sampai 200.000, sementara untuk menjalankan aplikasi yang dibutuhkan, perusahaan mungkin hanya membutuhkan *server* sebanyak 10 sampai 1000 *server* saja [2]. Meskipun *server* itu berjalan hanya dengan sebagian kecil dari kapasitas total, perusahaan tetap harus membayar listrik untuk menjalankan *server* tersebut untuk menghilangkan panas yang dihasilkan [2]

Virtualisasi telah merevolusi cara perusahaan mengelola *data center*. Setelah menerapkan virtualisasi, perusahaan dapat menjalankan beberapa sistem operasi dan aplikasi dalam satu perangkat keras dan tidak perlu membeli *server* baru ketika ada aplikasi baru yang perlu untuk dijalankan. Virtualisasi juga dapat mengurangi biaya operasional karena dengan adanya virtualisasi, *server* dan perangkat lainnya tidak perlu ditambah sehingga mengurangi daya listrik dan pendingin yang dibutuhkan di *data center* [2]. Virtualisasi juga mempunyai manfaat lain yaitu meningkatkan *uptime*, pemulihan bencana (*disaster recovery*) yang efisien dan banyak manfaat lainnya [2]. Virtualisasi *server* membuat “lingkungan virtual” yang memungkinkan beberapa aplikasi atau beban kerja *server* untuk berjalan dalam satu komputer dengan cara membagi sumber daya fisik dari *server* (host) seperti *memory*, *disk space* dan *CPU power* ke beberapa *server* virtual (*guest*)[3]

Dengan banyaknya platform untuk virtualisasi mulai dari *hypervisor open-source* seperti KVM dan Xen, sampai *hypervisor* komersial seperti VMware vSphere dan Microsoft Hyper V[1] tentunya akan menyulitkan untuk mengetahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan antar *hypervisor*, yaitu VMWare ESXi dan Microsoft Hyper v dengan parameter yang diuji yaitu *overhead*, linearitas, kinerja CPU, kinerja *memory*, kecepatan *read* dan *write disk*, *throughput* dan *packet loss* menggunakan perangkat lunak passmark dan JPerf. Metode yang digunakan adalah dengan cara

menjalankan *guest operating system* dan spesifikasi yang sama di masing-masing *hypervisor* dan menjalankan software passmark dan JPerf untuk menguji parameter-parameter tersebut. Hasil yang didapatkan dari satu *hypervisor* kemudian dibandingkan dengan *hypervisor* yang lain lalu dianalisa dan diambil kesimpulan untuk mengetahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang diharapkan untuk ditemukan solusinya melalui tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Merancang virtualisasi *server* VMWare ESXi dan Hyper V
2. Mengimplementasikan virtualisasi *server* menggunakan *hypervisor* VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V
3. Mengukur dan membandingkan kinerja antar virtualisasi *server* dengan parameter performa CPU, *memory*, *disk*, *network*, *overhead* dan *linearity*

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, maka dalam prakteknya akan ada pembatasan masalah seperti:

1. *Hypervisor* yang digunakan adalah VMWare ESXi 5.5 dan Windows Server 2012 Hyper V
2. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengukur performa virtualisasi adalah Passmark 8 dan untuk mengukur performa jaringan adalah JPerf 2.0.2
3. Jaringan yang diuji adalah jaringan lokal antar *client* dan *server*

1.4 Tujuan

Tujuan yang diharapkan setelah selesainya tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui cara kerja virtualisasi *server*
2. Mengimplementasikan virtualisasi *server* menggunakan *hypervisor* VMWare ESXi dan Microsoft Hyper v
3. Menganalisa kinerja dari virtualisasi *server* yang menggunakan *hypervisor* VMWare ESXi dan Microsoft Hyper v

1.5 Metodologi

Metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Studi Literatur

Studi literatur tentang tema yang terkait tugas akhir. Tema yang terkait tugas akhir adalah sebagai berikut :

Teori instalasi, konfigurasi dan penggunaan *server*

- Teori instalasi, konfigurasi dan penggunaan Hyper V
- Teori instalasi, konfigurasi dan penggunaan VMWare ESXi
- Teori konfigurasi dan penggunaan perangkat lunak untuk pengukuran (passmark dan JPerf)

2. Perancangan

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem yang akan dibuat seperti spesifikasi ram dan *storage* dari *virtual machine* jumlah *virtual machine* serta arsitektur *server-client* untuk pengujian jaringan

3. Pengimplementasian

Setelah melalui tahap perancangan, maka dimulailah tahap pengimplementasian, yaitu menjalankan *hypervisor* di *server* HP Proliant DL380 G7

4. Pengujian performa, *overhead* dan *linearity*

Pengujian performa dilakukan terhadap *virtual machine* dari masing-masing *hypervisor* dengan spesifikasi yang sama. Lalu dilakukan pengujian *overhead* yaitu menjalankan aplikasi di satu *virtual machine* tanpa menjalankan aplikasi lain lalu dihitung waktu eksekusi aplikasi tersebut. Setelah pengujian *overhead*, dilakukan pengujian *linearity* yaitu menjalankan aplikasi yang sama di beberapa *virtual machine* lalu dihitung waktu eksekusinya

5. Pengujian jaringan

Pengujian jaringan dilakukan terhadap *virtual switch* yang ada pada *virtual machine*. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan paket *user datagram protocol* (UDP) ke beberapa *virtual machine* lalu diukur *throughput*, *jitter* dan *packet lossnya*

6. Analisa Hasil Pengujian dan Penyusunan Laporan

Setelah pengujian dan pengukuran, data yang telah diperoleh dapat dianalisa dan ditarik kesimpulan. Kesimpulan dapat dibandingkan dengan teori yang telah berkembang dan disusun menjadi sebuah laporan

1.6 Sistematika

BAB 1, Bagian ini akan membahas tentang latar belakang, tujuan dan permasalahan-permasalahan yang dihadapi dan hasil akhir yang diinginkan dalam pengerjaan tugas.

BAB 2, Bagian ini melakukan mengenai tema-tema terkait yang membantu dalam proses perumusan masalah sistem. Tema-tema tersebut juga digunakan sebagai acuan awal dalam penyelesaian permasalahan.

BAB 3, Bagian ini membahas tentang proses desain sistem, kendala-kendala serta penyelesaiannya dalam bentuk implementasi pada perangkat.

BAB 4, Bagian ini akan membahas mengenai sistematika pengukuran dan hasilnya. Pada bab tersebut juga dilakukan analisis awal terhadap data-data hasil pengukuran.

BAB 5, Bagian ini akan membahas kesimpulan dan saran berdasarkan hasil-hasil analisa pada bab 4 sebelumnya.

1.7 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dapat tercapai pada proses penelitian ini adalah sebagai berikut

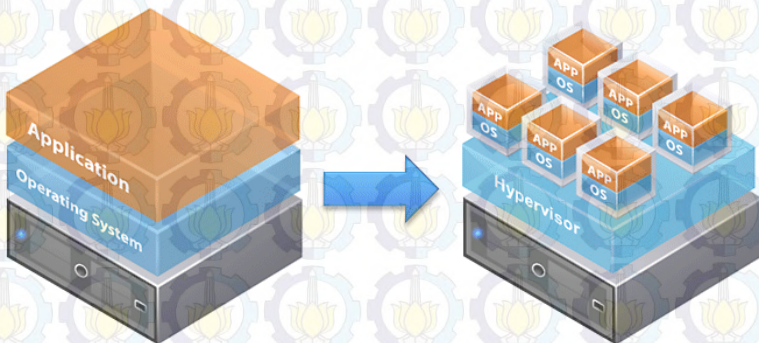
1. Mahasiswa dapat mengetahui perbandingan kinerja *hypervisor* VMWare ESXi dan Microsoft Hyper v
2. Menambah pengetahuan seputar perangkat *server* dan virtualisasi

BAB 2 TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan dijabarkan dasar teori yang menjadi acuan dalam pengerjaan penelitian. Pembahasan teori dalam bab 2 meliputi antara lain:

2.1 Virtualisasi

Virtualisasi adalah sebuah teknologi untuk mensimulasikan sumber daya komputer fisik seperti komputer desktop dan *server*, *processor* dan *memory*, sistem penyimpanan, jaringan, dan aplikasi individu.



Traditional Architecture
Gambar 2.1Virtualisasi

Virtual Architecture

2.1.1 Jenis-Jenis virtualisasi

Setiap virtualisasi memiliki berbagai macam jenis diantaranya adalah :

2.1.1.1 *Hardware Assisted Virtualization*

Istilah ini merujuk kepada skenario ketika perangkat keras mendukung secara arsitektur untuk membuat *virtual machine manager* dapat menjalankan sistem operasi *guest* pada pengisolasian secara penuh. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh IBM *system/370*. Pada saat ini, *hardware assisted virtualization* adalah tambahan dari arsitektur x86-64 bit yang diperkenalkan oleh Intel VT (sebelumnya

dikenal sebagai vanderpool) dan AMD V (sebelumnya dikenal dengan pacifica)[4]

2.1.1.2 Full Virtualization

Full virtualization atau virtualisasi penuh merujuk kepada kemampuan sistem operasi untuk berjalan diatas *virtual machine* secara langsung tanpa modifikasi apapun layaknya berjalan diatas perangkat keras biasa. Supaya *full virtualization* dapat berjalan, *virtual machine manager* diperlukan untuk menyediakan *emulation* yang lengkap dari perangkat keras yang berada di bawahnya. Keuntungan dari virtualisasi penuh adalah isolasi yang lengkap, yang membawa kepada peningkatan keamanan, kemudahan untuk *emulation* pada arsitektur yang berbeda dan berjalan berdampingan dengan sistem yang berbeda pada perangkat yang sama [4]

2.1.1.3 Paravirtualization

Teknik paravirtualization membuka tampilan dari perangkat lunak kedalam *virtual machine* yang sedikit diubah dari *host* dan dengan konsekuensi mengubah sistem operasi *guest*. Tujuan dari paravirtualization adalah untuk menyediakan eksekusi aplikasi langsung di *host* dan mencegah hilangnya performa dari eksekusi[4]

2.1.1.4 Partial Virtualization

Virtualisasi parsial adalah bentuk virtualisasi pada sebagian dari perangkat keras dan tidak mengijinkan untuk eksekusi lengkap dari sistem operasi *guest* pada pengisolasian penuh. Virtualisasi parsial memungkinkan banyak aplikasi yang dijalankan namun tidak semua fitur dari sistem operasi dapat berjalan layaknya virtualisasi penuh[4]

2.1.2 Virtualisasi server

Virtualisasi *server* membuat lingkungan virtual yang memungkinkan beberapa aplikasi atau beban kerja *server* untuk berjalan dalam satu komputer, seperti berjalan pada satu komputer sendiri[5]

2.1.2.1 Virtual machine

Virtual machine adalah program yang berguna untuk melakukan simulasi suatu sistem PC lengkap dengan RAM, *hard disk*, *floppy disk*, *processor*, *graphics card* dan beberapa *device* lain yang umumnya terdapat pada PC

2.1.2.2 *Virtualisasi processor*

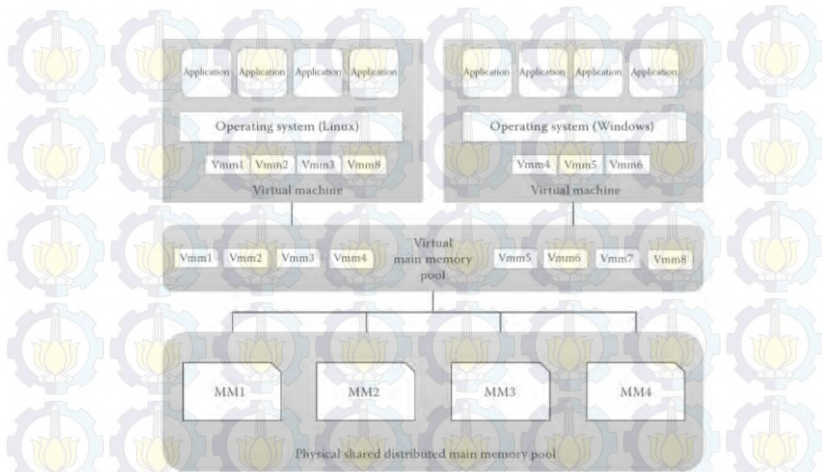
Virtualisasi *processor* memungkinkan *virtual machine* untuk berbagi *virtual processor* yang dipisahkan dari *processor* fisik yang tersedia pada infrastruktur. Layer virtualisasi memisahkan *processor* fisik ke dalam kumpulan *processor* virtual yang dipakai bersama oleh *virtual machine*. Virtualisasi *processor* juga bisa didapatkan melalui *distributed server* [6]



Gambar 2.2 Virtualisasi *processor* [6]

2.1.2.3 *Virtualisasi memory*

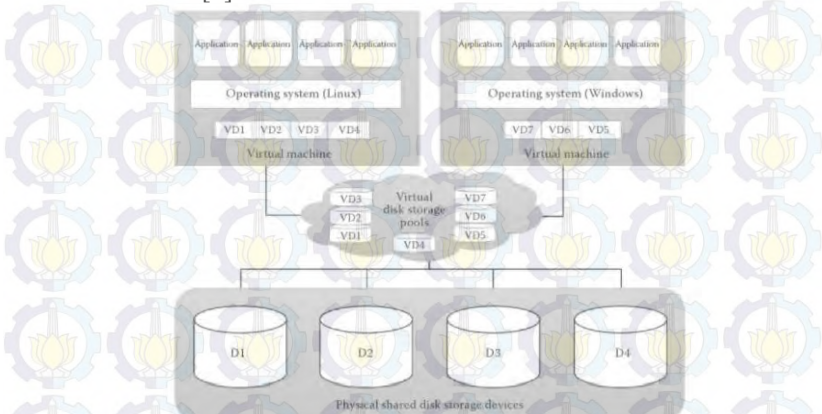
Salah satu bagian penting dari teknik virtualisasi adalah virtualisasi *memory*. Proses untuk menyediakan *memory* virtual yang utama kepada VM dikenal dengan nama virtualisasi *memory*, *memory* fisik yang utama dipetakan ke *memory* virtual utama seperti konsep *memory* virtual pada sistem operasi pada umumnya. Processor x86 moderen mendukung virtualisasi *memory*. Virtualisasi *memory* dapat juga dicapai dengan menggunakan perangkat lunak *hypervisor*. Normalnya pada *data center* yang sudah divirtualisasi, *memory* pada *server* yang berbeda akan digabungkan ke dalam *memory* virtual dan bisa diberikan ke VM[6]



Gambar 2.3 Virtualisasi *memory* [6]

2.1.2.4 *Virtualisasi storage*

Virtualisasi *storage* adalah membentuk sumber daya virtualisasi dimana beberapa *storage disk* fisik dipisahkan menjadi kumpulan *virtual storage disk* ke dalam vm. Normalnya, virtualisasi *storage* akan disebut *logical storage*. Virtualisasi *storage* biasa digunakan untuk menjaga backup atau replika dari data, namun bisa juga dicapai melalui *hypervisor* yang secara efisien memanfaatkan *physical storage* yang sudah tersedia [6]



Gambar 2.4 Virtualisasi *storage* [6]

2.1.3 Virtualisasi *network*

Virtualisasi *network* adalah tipe dari virtualisasi dimana *network* fisik bisa dipisahkan untuk dapat membuat *network* virtual. Perangkat jaringan seperti router, switch, dan *network interface card (NIC)* akan dikendalikan oleh perangkat lunak virtualisasi untuk menyediakan komponen *virtual network*. Virtualisasi *network* bisa dicapai melalui *network* internal atau dengan cara mengkombinasikan banyak *network* external. Kelebihan lainnya dari virtualisasi *network* memungkinkan komunikasi antara VM yang berbagi *network* fisik

2.1.3.1 Virtual switch

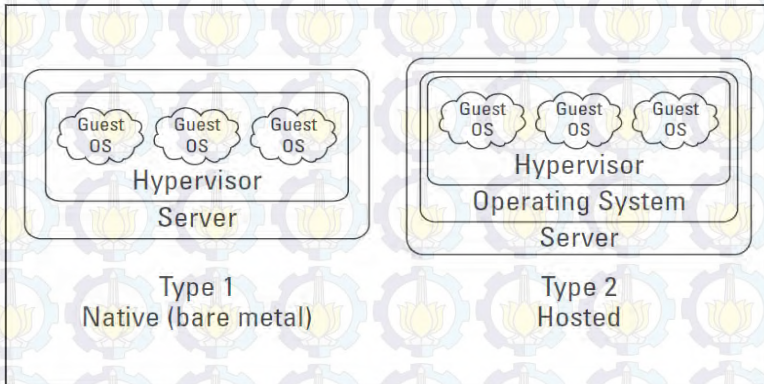
Virtual switch adalah aplikasi yang memungkinkan komunikasi antar *virtual machine*. Virtual switch bukan hanya meneruskan paket data, namun juga menjalankan komunikasi secara pintar dengan mengecek paket data sebelum mengirimkannya ke tujuan

2.1.3.2 Virtual Ethernet adapter

Host virtual adapter adalah adapter Ethernet virtual yang muncul untuk sistem operasi host sebagai adapter virtual pada host windows dan sebagai antarmuka host-only pada host linux. Host virtual adapter memungkinkan untuk berkomunikasi antar host komputer dan mesin virtual pada host komputer. Host virtual adapter digunakan dalam host-only dan konfigurasi NAT.

2.2 Hypervisor

Hypervisor pada dasarnya membuat beberapa *server* virtual, tiap *server* virtual mempunyai virtual CPU atau prosesor, lengkap dengan register, program counter, status processor dan yang lainnya. *Virtual machine* (VM) merepresentasikan *guest operating system* yang terlihat mempunyai CPU, *memory*, kemampuan I/O termasuk jaringan LAN, media penyimpanan, keyboard, video dan perangkat mouse masing-masing. Virtual switch LAN digunakan oleh virtual NIC untuk memungkinkan VM untuk berkomunikasi menggunakan IP lewat *memory* daripada menggunakan NIC dan LAN fisik ketika beroperasi dengan *server* fisik yang sama [7]



Gambar 2.5 Tipe *hypervisor*

Dalam perkembangannya *hypervisor* dibagi dalam 2 jenis yang berbeda [4] yaitu:

2.2.1 *Hypervisor* Tipe 1

Hypervisor tipe 1 disebut dengan *hypervisor native/bare metal*, yaitu *hypervisor* yang dapat langsung di *install* pada piranti keras *server* yang kosong (*bare metal*) yang belum berisi sistem operasi apapun. Artinya *hypervisor* ini telah menjadi satu paket dengan sistem operasi.

2.2.2 *Hypervisor* Tipe 2

Hypervisor tipe 2 disebut dengan *hypervisor host/desktop*, yaitu *hypervisor* yang berjalan diatas sistem operasi sehingga membutuhkan sistem operasi untuk dapat menjalankan *hypervisor* tersebut.

2.3 *Overhead*

Overhead adalah penggunaan sumber daya komputer untuk melakukan fitur khusus. Kata *overhead* biasanya digunakan untuk menjelaskan fungsi yang opsional atau tambahan untuk aplikasi yang sudah ada. *Overhead* juga dapat disebutkan sebagai waktu proses yang dibutuhkan oleh perangkat diluar waktu eksekusi. Evaluasi *overhead* virtualisasi dilakukan dengan membandingkan waktu eksekusi sebuah aplikasi yang dijalankan pada operasi non virtual (T_a) dengan aplikasi

yang sama dijalankan pada sebuah mesin virtual (T_{av}) [8] *Overhead* virtualisasi dihitung dengan rumus

$$O_v = T_{av} - T_a \quad (2.1)$$

2.4 Linearity

Linearitas adalah penilaian kuantitatif mengenai seberapa kuat suatu set data terhubung antara satu dengan yang lainnya. Evaluasi linearitas dilakukan dengan mengukur seberapa erat hubungan antara peningkatan jumlah mesin virtual yang aktif dan mengeksekusi pesan yang sama dengan waktu eksekusi perintah yang diberikan. Apabila kemampuan linearitas diketahui, jumlah maksimal mesin virtual yang dapat aktif tanpa memperburuk kinerja sistem dapat diketahui pula. Linearitas yang buruk ditunjukkan dengan peningkatan waktu eksekusi yang semakin lama semakin tinggi [8]. Jika aplikasi memerlukan waktu t ketika dijalankan pada sebuah mesin virtual, saat aplikasi dijalankan bersama-sama pada n mesin virtual, waktu eksekusi aplikasi maksimal adalah:

$$t_{\max} = O_v + t \times n \quad (2.2)$$

2.5 UDP

UDP (*User Datagram Protocol*) merupakan protokol di dalam jaringan komputer yang berfungsi untuk mengatur dan mengurus semua koneksi yang ada dengan sifat yang berkebalikan dengan protokol TCP (*Transmission Control Protocol*). Ketiga sifat utama pada jaringan komputer yang diurus oleh protokol UDP adalah koneksi *unreliable* (tidak andal di dalam jaringan komputer), koneksi yang tidak memerlukan setup koneksi terlebih dahulu (*connectionless oriented*), serta memiliki header UDP yang di dalamnya memuat SPI (*Source Process Identification*) dan DPI (*Destination Process Identification*).

Dengan ketiga sifat utama jaringan komputer yang dikelola oleh protokol UDP ini, menyebabkan protokol UDP lebih banyak digunakan di berbagai layanan jaringan komputer yang bersifat *streaming* (video *streaming*, radio *streaming*, TV *streaming*), pengiriman pesan sederhana, dan lain-lain. UDP dan TCP merupakan protokol-protokol yang terdapat di dalam layer transport, yang mana merupakan

subprotokol pada pasangan protokol TCP/IP (sekaligus sebagai pemodelan layer TCP/IP). Salah satu pengaplikasian untuk UDP adalah DNS (Domain Name System), SNMP (*Simple Network Management Protocol*) dan TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*)

2.6 Quality Of Service (QOS)

Quality of Service (QOS) dapat dikatakan sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (*service*) jaringan guna mengetahui seberapa baik kualitas dari layanan tersebut. Dalam penelitian ini parameter QoS yang akan dianalisa adalah *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Fitur *Quality of Service* (QoS) ini dapat menjadikan *bandwidth*, *latency*, dan *jitter* dapat diprediksi dan dicocokkan dengan kebutuhan aplikasi yang digunakan di dalam jaringan tersebut

2.6.1 *Bandwidth*

Bandwidth adalah suatu ukuran dari banyaknya informasi yang dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain dalam suatu waktu tertentu. *Bandwidth* dapat dipakaikan untuk mengukur baik aliran data analog mau pun aliran data digital. Sekarang telah menjadi umum jika kata *bandwidth* lebih banyak dipakaikan untuk mengukur aliran data digital.

Satuan yang dipakai untuk *bandwidth* adalah *bits per second* atau sering disingkat sebagai bps. bit atau binary digit adalah basis angka yang terdiri dari angka 0 dan 1. Satuan ini menggambarkan seberapa banyak bit (angka 0 dan 1) yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain dalam setiap detiknya melalui suatu media.

Bandwidth adalah konsep pengukuran yang sangat penting dalam jaringan, tetapi konsep ini memiliki kekurangan atau batasan, tidak peduli bagaimana cara mengirimkan informasi mau pun media apa yang dipakai dalam penghantaran informasi. Hal ini karena adanya hukum fisika maupun batasan teknologi. Ini akan menyebabkan batasan terhadap panjang media yang dipakai, kecepatan maksimal yang dapat dipakai, mau pun perlakuan khusus terhadap media yang dipakai. Berikut adalah contoh pada tabel 2.1 batasan panjang medium dan kecepatan maksimum aliran data

Tabel 2.1 Kecepatan maksimum

Media	Panjang Maksimum	Kecepatan Maksimum
Kabel Coaxial 50 Ohm (Ethernet 10Base2, ThinNet)	200 m	10-100 Mbps
Kabel Coaxial 75 Ohm (Ethernet 10Base5, ThickNet)	500 m	10-100 Mbps
UTP Kategori 5 (Ethernet 10BaseT, 100Base-TX)	100 m	10 Mbps
UTP Kategori 5 (Ethernet 100Base-TX, Fast Ethernet)	100 m	100 Mbps
Multimode (62.5/125um) Serat Optik 100Base-FX	2 km	100 Mbps
Singlemode (10um core) Serat Optik 1000Base-LX	3 km	1000 Mbps (1 Gbps)
Teknologi lain yang sedang diteliti	40 km	2400 Mbps (2,4 Gbps)
Wireless	100 m	2 Mbps
Infra Red (IrDA)	1 m	4 Mbps

2.6.2 Throughput

Throughput adalah *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute internet yang spesifik ketika sedang mendownload suatu file. *Bandwidth* adalah jumlah bit yang dapat dikirimkan dalam satu detik. Berikut adalah rumus dari *bandwidth*.

$$Bandwidth = \frac{\Sigma bits}{s} \quad (2.3)$$

Sedangkan *throughput* walau pun memiliki satuan dan rumus yang sama dengan *bandwidth*, tetapi *throughput* lebih pada menggambarkan *bandwidth* yang sebenarnya (aktual) pada suatu waktu tertentu dan pada kondisi dan jaringan internet tertentu yang digunakan untuk mendownload suatu file dengan ukuran tertentu. Berikut adalah formula pembandingan *throughput* dengan *bandwidth*:

$$Waktu_download_terbaik = \frac{Ukuran_file}{Bandwidth} \quad (2.4)$$

$$Waktu_download_terbaik = \frac{Ukuran_file}{throughput} \quad (2.5)$$

2.6.3 *Jitter*

Jitter adalah perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan atau dengan kata lain *jitter* merupakan variasi dari *delay*. Besarnya nilai *jitter* mengakibatkan rusaknya data yang diterima, baik itu berupa penerimaan yang terputus-putus atau hilangnya data akibat *overlap* dengan paket data yang lain. Untuk mengatasi *jitter* maka paket yang datang atau melewati sebuah *node* akan diantrikan terlebih dahulu dalam *jitter buffer* selama waktu tertentu hingga nantinya paket dapat diterima pada node tujuan dengan urutan yang benar. Namun keberadaan *jitter buffer* akan menambah nilai *end-to end delay*. Berikut ini rumus dari *jitter*

2.6.4 *Packet loss*

Packet loss menunjukkan jumlah paket yang hilang diantara node pengirim dengan node tujuan dan diukur dalam *packet loss ratio*. Pengukuran *packet loss* sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara *real time* cukup penting. Trafik komunikasi *real time* yang menggunakan transport protocol UDP tidak dapat menjamin sebuah paket data dapat diterima oleh node tujuan dengan baik. Berbeda dengan pengiriman paket data menggunakan protocol TCP yang proses pengiriman datanya melalui proses *three-way-handshaking*. Dengan demikian perlu dipastikan kualitas sebuah jaringan untuk komunikasi data *real time*, yang disebut sebagai QoS.

Untuk menghitung *packet loss* (dalam persen) digunakan rumus berikut:

$$Packet\ loss\ rate = \left(\frac{total\ packet\ loss}{total\ packet\ sent} \right) * 100 \quad (2.6)$$

2.7 *Windows Server*

Windows server adalah perangkat lunak dari Microsoft yang khusus ditujukan untuk *server/data center*. Tujuan utama dari *windows server* adalah untuk memastikan sistem operasi bisa dimaksimalkan penggunaannya pada *server* perusahaan kecil, sedang dan besar. Sistem operasi *server* ini dapat menjawab kebutuhan untuk aplikasi *hosting*, *server* jaringan untuk hosting domain, *server* yang kuat untuk aplikasi

hosting perusahaan, atau server untuk data center yang highly available[9]

2.8 VMWare ESXi

VMWare ESXi adalah *hypervisor* berjenis bare metal OS yang dibuat oleh perusahaan VMWare untuk membuat *virtual machine* (VM). Tidak seperti produk VMWare lainnya, VMWare ESXi mempunyai kernel sendiri, yaitu kernel Linux. VMware menggunakan *virtual machine* KVM (Kernel-based *Virtual machine*) yang dapat menjalankan sistem operasi apapun termasuk windows sehingga pengoperasiannya tidak dapat berbagi kernel antara host dengan guest (*virtual machine*). Spesifikasi dari esxi :

- *Guest system maximum RAM: 4 TB*
- *Host system maximum RAM: 6 TB*
- *Number of hosts in a high availability or Distributed Resource Scheduler cluster: 64*
- *Maximum number of processors per virtual machine: 128*
- *Maximum number of processors per host: 480*
- *Maximum number of virtual CPUs per physical CPU core: 32*
- *Maximum number of virtual machines per host: 1024*
- *Maximum number of virtual CPUs per fault tolerant virtual machine: 4*
- *Maximum guest system RAM per fault tolerant virtual machine: 64 GB*
- *VMFS5 maximum volume size: 64 TB, but maximum file size is 62TB -512 bytes*

VSphere terdiri dari 3 komponen perangkat lunak yaitu vmware ESXi, vmware vClient dan vmware vCenter. vCenter Server terdiri dari dua jenis yaitu vCenter Server Windows Based yang *diinstall* di sistem operasi Windows server dan satu lagi vCenter Server Virtual Appliance yang menggunakan sistem operasi Suse Linux Enterprise Server. Fungsi keduanya sama, hanya berbeda pada proses instalasi dan *deployment*nya saja. vCenter Server yang windows-based dapat *diinstall* sebagai *Virtual machine* maupun *diinstall* sebagai *physical server*, sedangkan vCenter Server Virtual Appliance hanya bisa di *deploy* dalam bentuk *virtual machine*, tidak bisa sebagai *physical server*.

Satu vCenter Server dapat me-*manage* sampai

- 1000 (seribu) ESXi *host*
- 10.000 (sepuluh ribu) *virtual machine* yang *power-on*,
- bisa juga dilakukan *link-mode* antar vCenter Server sampai 10 vCenter yang secara keseluruhan me-*manage* 30.000 (tiga puluh ribu) *virtual machine*.
- dalam setiap *cluster* yang ada dalam vCenter dapat terdiri dari 64 ESXi *host* per *cluster*
- dan 8000 (delapan ribu) *virtual machine* per *cluster*.

2.9 Hyper V

Hyper V adalah perangkat lunak virtualisasi dari Microsoft. Seperti halnya VMWare ESXi, Citrix Xen Server dan RedHat Enterprise Virtualization, Hyper V adalah *hypervisor* tipe 1 (*bare metal*) yang dapat dijalankan langsung pada *server* fisik[10] Hal ini berarti tidak ada sistem operasi yang berada diantara perangkat keras dengan *hypervisor*. Meskipun Hyper V dapat dijalankan sebagai *role* di windows *server*, Hyper V sebenarnya berjalan dibawah sistem operasi windows. Ketika fitur Hyper V diaktifkan, windows *server* menjadi *parent partition*. Hanya *parent partition* dan *hypervisor* yang mempunyai akses ke *server* fisik. *Parent partition* menangani *driver* perangkat dan beberapa sistem *memory* dari *hypervisor*, sedangkan *hypervisor* menangani sisanya dan membagi sistem menjadi *child partitions* yang digunakan oleh sistem operasi *guest* dari *virtual machine* [11]

Spesifikasi dari hyper v :

- *Processor*:
 - An x86-64 *processor*
 - *Hardware-assisted virtualization support*: This is available in processors that include a virtualization option; specifically, Intel VT or AMD Virtualization (AMD-V, formerly code-named "Pacifica").
 - A NX bit-compatible CPU must be available and Hardware Data Execution Prevention (DEP) must be enabled.
- *Memory*
 - Minimum 2 GB. (Each virtual machine requires its own memory, and so realistically much more.)

- *Windows Server 2008 Standard (x64) Hyper v full GUI or Core supports up to 31 GB of memory for running VMs, plus 1 GB for the Hyper v parent OS.*
- *Maximum total memory per system for Windows Server 2008 R2 hosts: 32 GB (Standard) or 2 TB (Enterprise, Datacenter)*
- *Maximum total memory per system for Windows Server 2012 hosts: 4 TB*
- *Guest operating systems*
 - *Hyper v in Windows Server 2008 and 2008 R2 supports virtual machines with up to 4 processors each (1, 2, or 4 processors depending on guest OS-see below)*
 - *Hyper v in Windows Server 2012 supports virtual machines with up to 64 processors each.*
 - *Hyper v in Windows Server 2008 and 2008 R2 supports up to 384 VMs per system*
 - *Hyper v in Windows Server 2012 supports up to 1024 active virtual machines per system.*
 - *Hyper v supports both 32-bit (x86) and 64-bit (x64) guest VMs.*

2.10 PassMark

Passmark adalah perangkat lunak yang berfokus pada pengukuran performa CPU dan *memory*. Rating pengukuran dibagi menjadi beberapa kategori yaitu *processor*, *memory*, I/O dan lain lain [12]

2.10.1 CPU

CPU Mark adalah test untuk mengukur kinerja CPU dan menemukan informasi seberapa cepat *processor* komputer mengolah instruksi, logika dan operasi penghitungan matematis

2.10.1.1 Integer Math

Tes perhitungan integer bertujuan untuk mengukur kecepatan CPU dalam mengoperasikan perhitungan matematis integer. Integer adalah keseluruhan angka bulat yang tidak ada bagian pecahannya. Tes ini adalah operasi dasar dari semua perangkat lunak komputer dan menyediakan indikasi *throughput* CPU. Tes ini menambahkan, mengurangi, mengali, dan membagi bilangan integer acak 32-bit dan 64-bit.

2.10.1.2 *Floating Point Math*

Tes *floating point math* beroperasi sama dengan tes perhitungan integer, namun dengan *floating point numbers*. *Floating point number* adalah angka dengan bagian pecahan (contoh 12.568). Angka ini diperlakukan secara berbeda di CPU bila dibandingkan dengan angka integer yang biasanya digunakan, sebelum diuji secara terpisah

2.10.1.3 *Prime Numbers*

Tes bilangan prima bertujuan untuk mengukur seberapa cepat CPU untuk mencari bilangan prima. Bilangan prima adalah bilangan yang hanya bisa dibagi dengan bilangan itu sendiri dan bilangan 1. Sebagai contoh, 1, 2, 3, 5, 7, 11 dan lain-lain. Algoritma ini menggunakan loop dan operasi CPU yang umum digunakan untuk perangkat lunak komputer, salah satu yang paling banyak digunakan adalah *multiplication* dan operasi modulus. Semua operasi penghitungan menggunakan bilangan integer 64 bit

2.10.1.4 *Extended Instructions (SSE)*

Tes ini mengukur kemampuan SSE (*Streaming SIMD Extensions*) dari CPU. SSE adalah satu set instruksi dari CPU yang memungkinkan blok dari data diproses dengan lebih cepat. SSE memungkinkan operasi logika dan matematis dari *floating point* 128bit. Tes ini secara khusus mengukur angka matriks 4 x 4 dan bisa dikalikan oleh vektor 4 dimensi perdetik, dengan vektor yang diwakili oleh angka *floating point* 128bit (4 32-bit *float*) dan matriks diwakili oleh 4 angka *floating point* 128bit (4 * 4 32-bit *floats*). Perkalian matrix memanfaatkan tambahan SSE 128-bit dan perkalian untuk mengeluarkan hasil.

2.10.1.5 *Compression*

Tes kompresi adalah tes untuk mengukur kecepatan dari CPU untuk mengompres blok data menjadi blok data yang lebih kecil tanpa menghilangkan data asli. Hasilnya dilaporkan dalam KiloBytes per detik. Pada tes ini menggunakan teknik manipulasi struktur data yang kompleks untuk menjalankan fungsi yang sangat umum pada aplikasi perangkat lunak, mulai dari perangkat lunak backup sampai perangkat lunak email. Tes kompresi menggunakan algoritma *adaptive encoding* berdasarkan metode yang dideskripsikan oleh Ian H. Witten, Radford M. Neal, dan John G. Cleary pada artikel yang berjudul "*Arithmetic Coding for Data Compression*". Sistem ini menggunakan model yang menjaga

kesempatan setiap simbol dikodekan berikutnya. Sistem ini merasiakan kompresi untuk teks bahasa inggris sebesar 363%

2.10.1.6 Encryption

Tes enkripsi bertujuan untuk mengenkripsi blok data acak menggunakan beberapa teknik enkripsi yang berbeda, seperti data yang hanya bisa diakses oleh seseorang dengan kunci enkripsi. Tes ini juga menguji kemampuan komputer untuk membuat data *hash* yang juga merupakan teknik umum untuk kriptografi yang bisa digunakan untuk menjamin isi dari data tidak dirusak. Metode yang digunakan adalah TwoFish, AES, Salsa20 dan SHA256. Pada tes ini banyak menggunakan teknik pengujian matematika, namun juga menggunakan manipulasi data biner yang besar dan fungsi matematis CPU. Enkripsi adalah pengukuran yang sangat berguna karena banyak digunakan untuk perangkat lunak, mulai dari browser internet, perangkat lunak komunikasi, dan lain-lain.

2.10.1.7 Physics

Tes fisika ini bertujuan untuk mengukur seberapa cepat CPU bisa menghitung interaksi fisika dari beberapa ribu benda yang saling bertabrakan

2.10.1.8 Sorting

Tes string *sorting* bertujuan untuk mengukur seberapa cepat CPU menyortir tipe data string. Tes ini menyortir 500000 array string acak pada tiap 25 karakter

2.10.1.9 Single Threaded

Tes single core hanya menggunakan satu CPU *core* dan menilai performa dari komputer pada kondisi tersebut. Tes ini merupakan kombinasi dari tes floating point, sorting dan kompresi.

2.10.2 Memory

Pada tes memori, tes ini menggunakan kombinasi data 32-bit dan 64-bit ketika membaca maupun menulis data dari atau ke RAM

2.10.2.1 Database Operations

Tes operasi *database* ini bertujuan untuk mengukur performa dari *memory* dalam menjaga struktur data yang besar di *database* dengan menggunakan C++ STL *containers* secara intensif

2.10.2.2 Read Cached

Tes ini mengukur waktu yang dibutuhkan untuk membaca blok memori yang kecil. Blok ini cukup kecil untuk bisa dibaca di *cache*

2.10.2.3 Read Uncached

Tes ini mengukur waktu yang dibutuhkan untuk membaca blok memori yang besar. Blok memori ini sebesar 256 MB, terlalu besar untuk disimpan di *cache*.

2.10.2.4 Write

Tes ini bertujuan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menulis informasi kedalam memori dengan satuan megabytes/detik.

2.10.2.5 Available RAM

Pada tes ini bertujuan untuk mengukur berapa banyak memori yang tersedia untuk penggunaan aplikasi. Tapi ini bukanlah total jumlah memori dari sistem, memori yang digunakan oleh aplikasi lain tidak dihitung, namun akan dihitung memori yang digunakan *cache* sistem yang akan segera digunakan ketika ada aplikasi yang membutuhkannya

2.10.2.6 Latency

Tes ini bertujuan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan satu byte memori untuk ditransfer ke *processing* CPU

2.10.2.7 Threaded

Tes ini hampir sama dengan tes membaca *uncached*, namun tes ini dilakukan dengan dua proses yang berbeda secara simultan untuk menguji seberapa baik memori berupaya untuk menjalankan beberapa akses bersamaan

2.10.3 Disk

Pengujian *disk* bertujuan untuk mengukur kecepatan baca tulis *disk*

2.10.3.1 *Sequential Read*

Pada tes ini dibuat *file* yang besar di *disk* lalu *file* ini dibaca secara sekuensial (membaca data besar yang berdekatan) dari awal hingga akhir.

2.10.3.2 *Sequential Write*

Pada tes ini *file* besar di *write* di *disk*. *File* ini di *write* secara sekuensial dari awal hingga akhir.

2.11 JPerf

JPerf adalah *Graphic User Interface(GUI)* yang berbasis java dari iperf yang menunjukkan performa jaringan dengan grafik bukan dengan *command line* seperti iperf. JPerf bisa dijalankan sebagai *server* maupun sebagai *client*. Pada mode *client*, alamat IP harus dimasukan di dalam kotak yang disediakan. Agar pengukuran dapat dijalankan, di sisi *server* harus menjalankan JPerf dengan mode *server* dan dari sisi *client* harus menjalankan JPerf dengan mode *client*[13]

BAB 3

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan perancangan dan implementasi sistem virtualisasi *server* menggunakan VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V. Dalam perancangan ini, akan membandingkan antara kedua sistem. Adapun tahap – tahap tersebut meliputi perancangan sistem yang akan digunakan, sampai dengan implementasi pengujian sistem tersebut.

3.1 Lingkungan Pembangunan Sistem

Pembangunan sistem manajemen virtualisasi *server* pada tugas akhir ini dibangun pada lingkungan yang akan dijabarkan pada bagian selanjutnya.

3.1.1 Lingkungan Perangkat Lunak

- Sistem Operasi *guest* Windows Server 2012 R2
- VMWare Vclient sebagai tool untuk melakukan remote *server*.
- VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V sebagai platform penyedia virtualisasi *server*

3.1.2 Lingkungan Perangkat Keras

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan untuk pembangunan sistem tugas akhir ini menggunakan sebuah PC *server* dan sebuah laptop. Spesifikasi dari perangkat yang digunakan adalah sebagai berikut.

- Komputer *server* dengan spesifikasi

Tabel 3.1 Spesifikasi Server

	Spesifikasi
CPU	1 x 2.67GHz Intel® Xeon 6 Core
Memory	24 GB DDR3 – 1333 MHZ Registered Memory
Storage	1.5 TB

RAID	HP embedded Smart Array P410i with 256 MB <i>cache</i>
Array	3 x PCI Express Slots
Network	4 x Gigabit Ethernet
Power	1 x 460W hot plug supply



- *Client* dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 3.2 Spesifikasi Laptop

	Spesifikasi
Processor	4th Gen Intel® Core™ i7-4510U (2.00GHz 1600 MHz 4MB)
Memory	8GB DDR3
Storage	SSD 512 GB

3.1.3 Lingkungan *Virtual machine*

Spesifikasi *Virtual machine* yang digunakan untuk pengambilan data pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

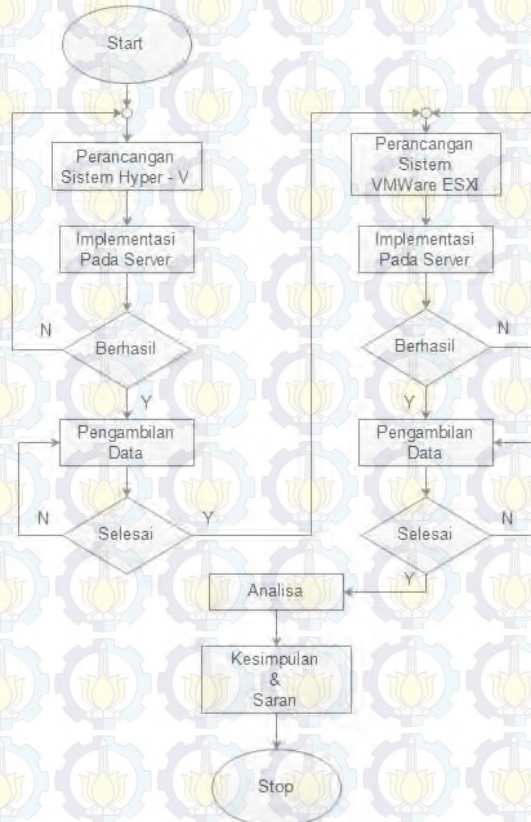
Tabel 3.3 Spesifikasi *Virtual machine*

	Spesifikasi
Storage	90 GB
Memory	1 GB
Operation System (OS)	Windows <i>Server</i> 2012 R2
IP Address	192.168.1.101 – 115

3.2 Skenario perancangan

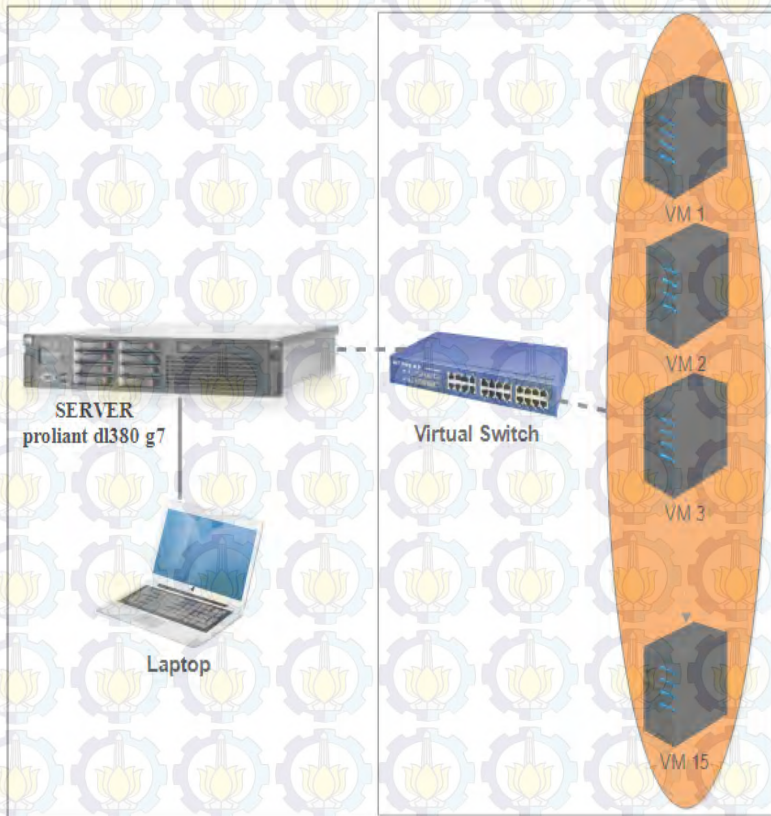
Pada pengerjaan tugas akhir ini skenario yang akan digunakan adalah dengan pengimplementasian kedua sistem yaitu vmware esxi dan

Microsoft hyper v secara bergantian. Selanjutnya data yang telah diperoleh dari kedua sistem akan dilakukan analisa untuk mendapatkan perbandingan dan tingkat performa yang terbaik.



Gambar 3.1 Flowchart perancangan

Pada tugas akhir ini menggunakan sebuah laptop sebagai perangkat *client* dan sebuah *server* HP Proliant DL380 G7 sebagai perangkat yang digunakan untuk perangkat komputasi dan virtualisasi. Pada sistem ini menggunakan virtual switch yang terdapat pada platform yang berfungsi untuk menghubungkan antara lima belas *Virtual machine* (VM) yang telah dibuat.



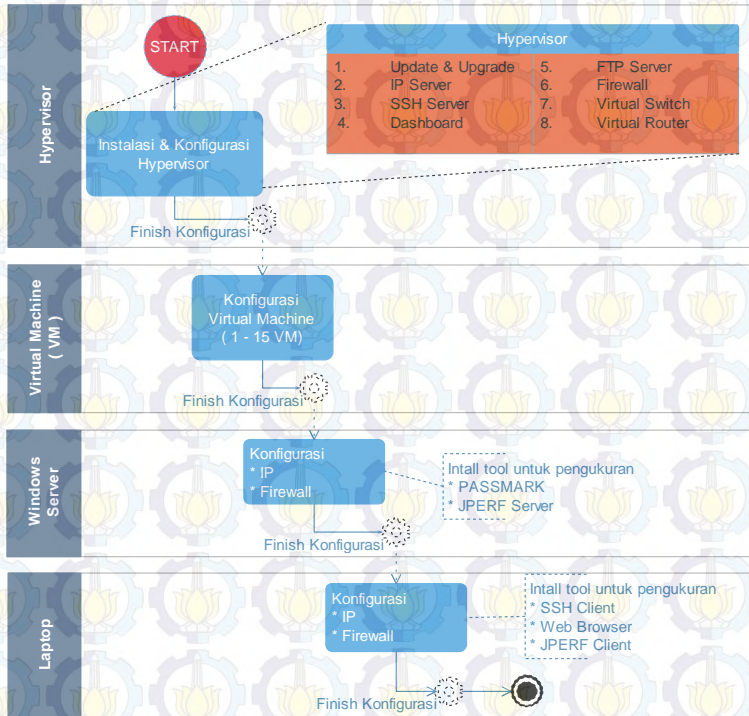
Gambar 3.2 Arsitektur server

Tabel 3.4 IP Perangkat

No	Jenis Komputer	Alamat IP	Fungsi Perangkat	Nama Host
1	Laptop	192.168.1.99	client	Danar
2	Server	192,168,1,100	Server	Server
3	Virtual	192.168.1.101-115	Virtual machine	Server1-15

3.3 Instalasi dan Konfigurasi Sistem

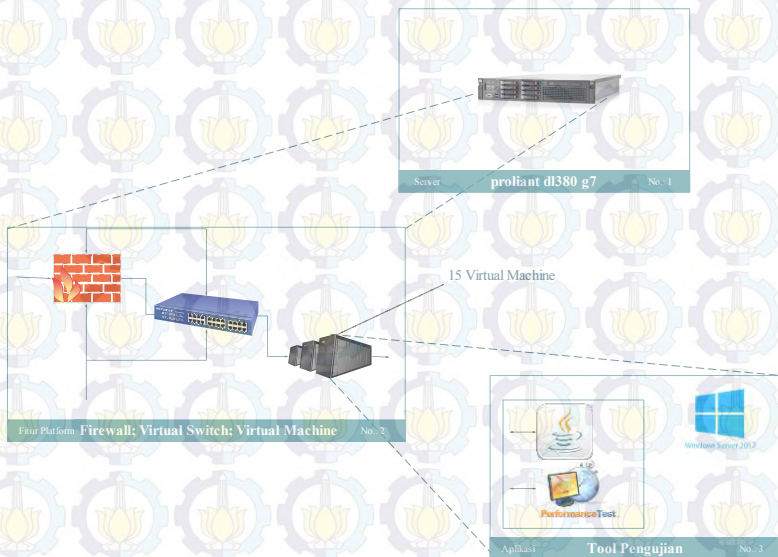
Dalam skenario tugas akhir ini akan dipaparkan dalam flowchart activity dari proses penginstalan perangkat dilakukan mulai dari Instalasi & konfigurasi tool pendukung, terdapat 4 tahapan mulai dari sisi *Hypervisor*, *Virtual machine* (VM), *Windows Server* sampai *Laptop*.



Gambar 3.3 Konfigurasi sistem

3.4 Lingkungan Uji Coba

Pada subbab ini dijelaskan mengenai gambaran lingkungan yang digunakan untuk melakukan uji coba sistem. Uji coba sistem ini dilakukan dengan menggunakan sebuah PC server HP Proliant DL380 G7 di lab 301 dan sebuah laptop yang di letakan pada satu jaringan lokal



Gambar 3.4 Lingkungan uji coba

- Spesifikasi Perangkat Lunak
 - Windows Server 2012 R2, sebagai sistem operasi semua *virtual machine*
 - Passmark 8.0 sebagai tool untuk pengambilan data performa CPU, *Memory* dan *Disk* sistem.
 - Jperf 2.0.2 sebagai tool untuk pengambilan data performa dari sisi jaringan.

Untuk lokasi uji coba perangkat lunak dilakukan di Lab 301 Telekomunikasi Multimedia dengan waktu pengujian September 2015 sampai Januari 2016. Sumber daya pembangunan sistem menggunakan sumber daya komputer dari laboratorium dan menggunakan jaringan internet dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember

3.5 Skenario pengujian dan pengambilan Data

Proses ini dilakukan untuk pengambilan data yang diperlukan sebagai bahan untuk dilakukan analisa perbandingan antara kedua sistem yaitu Hyper V dan VMWare ESXi.

Parameter yang diuji :

- Perbandingan performa CPU :
 - ✓ *Integer math*
 - ✓ *Floating point math*
 - ✓ *Prime numbers*
 - ✓ *Extended instruction*
 - ✓ *Compression*
 - ✓ *Encryption*
 - ✓ *Physics*
 - ✓ *Sorting*
 - ✓ *Single threaded*
- Perbandingan performa *memory* :
 - ✓ *Database operations*
 - ✓ *Read cached*
 - ✓ *Read uncached*
 - ✓ *Available RAM*
 - ✓ *Latency*
 - ✓ *Threaded*
- Perbandingan performa *disk* :
 - ✓ *Sequential read*
 - ✓ *Sequential write*
- Perbandingan *overhead* :
 - ✓ *CPU*
 - ✓ *Memory*
 - ✓ *Disk*
- Perbandingan *linearity*:
 - ✓ *CPU*
 - ✓ *Memory*
 - ✓ *Disk*

Untuk mengukur beberapa parameter kinerja dari virtualisasi *server*, maka perlu dilakukan beberapa skenario pengukuran. Beberapa keadaan maupun skenario pengukuran dilakukan agar hasil yang didapatkan memberikan informasi yang lebih komperhensif.

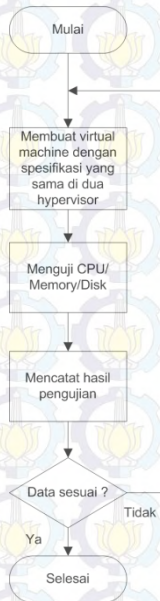
Adapun pengujian dilakukan pada kondisi dan spesifikasi yang sama agar perbandingan setara dapat dilakukan. Ada 4 skenario pengujian yang akan dilakukan yaitu :

3.5.1 Pengujian performa CPU, memory dan disk

Pengujian performa dilakukan dengan cara membuat *virtual machine* dengan spesifikasi yang sama pada vmware dan hyper v lalu menjalankan aplikasi passmark untuk menguji performa CPU, *memory* dan *disk* lalu diuji sebanyak 10 kali untuk keakuratan pengukuran seperti pada Gambar 3.5 *Flow chart* dapat dilihat pada Gambar 3.5



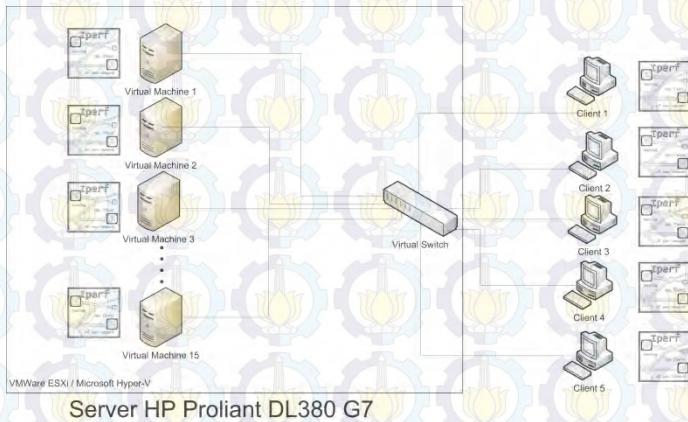
Gambar 3.5 Pengujian performa CPU, *memory* dan *disk*



Gambar 3.6 *Flow chart* pengujian performa CPU, *memory* dan *disk*

3.5.2 Pengujian performa *network*

Pengujian ini bertujuan untuk menguji virtual switch dari di masing-masing *hypervisor* dengan cara mengirimkan data melalui protokol udp dengan *bandwidth* 100 megabits ke semua *server* secara terus menerus selama 10 detik. Lalu ditambah dengan *client* 2 sampai 5 *client* kemudian diukur sebanyak 5 kali untuk keakuratan pengujian



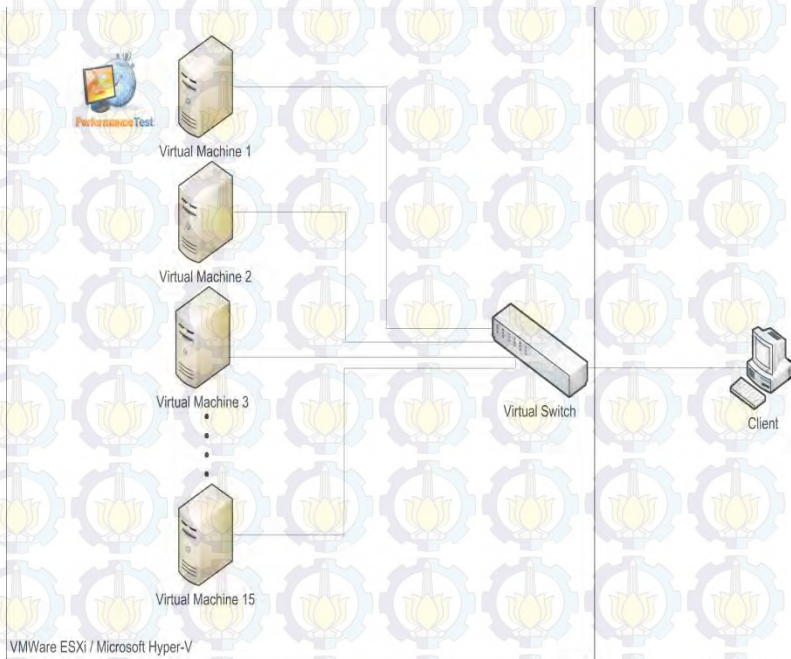
Gambar 3.7 Pengujian performa *network*



Gambar 3.8 Flow chart pengujian performa *network*

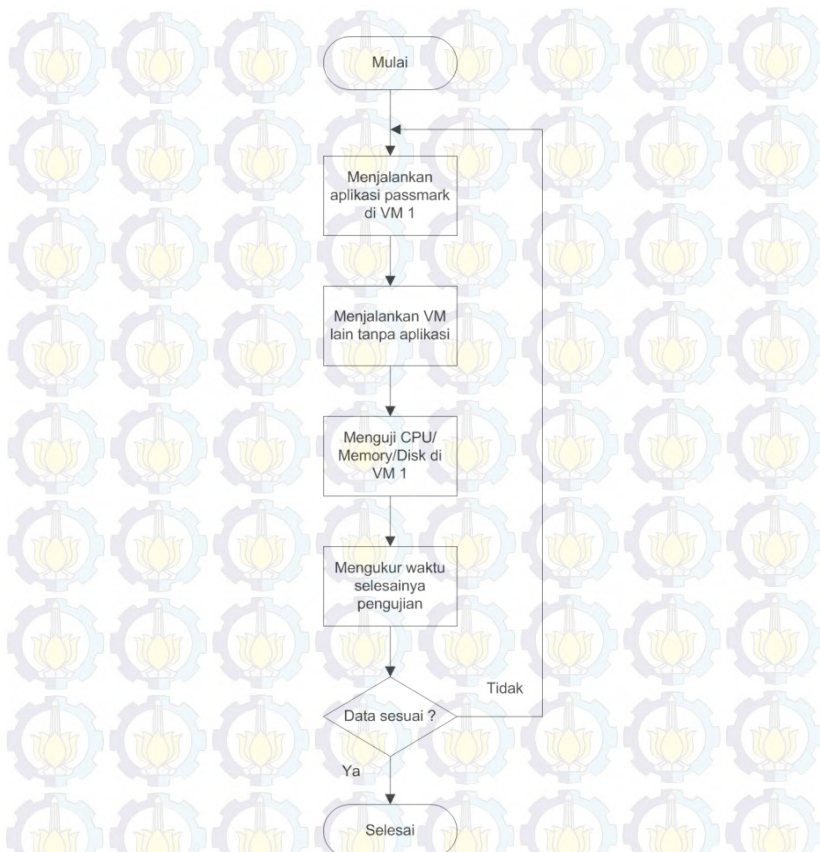
3.5.3 Pengujian *overhead* CPU, *memory* dan *disk*

Pengujian *overhead* dilakukan dengan cara menjalankan aplikasi di satu *virtual machine*, kemudian *virtual machine* lain dijalankan satu persatu tanpa menjalankan aplikasi kemudian dicatat lamanya eksekusi aplikasi tersebut. Pengujian ini dilakukan sepuluh kali per *virtual machine* agar didapatkan ketelitian yang tepat dan valid. Setiap pengukuran pada tiap *virtual machine* mempunyai variasi waktu yang berbeda-beda, yang ditunjukkan dengan standar deviasi pada grafik. Pengujian yang dilakukan terhadap 3 parameter (CPU, *memory* dan *disk*) dengan 15 *virtual machine* dan masing-masing *virtual machine* diuji 10 kali pada 2 *hypervisor* berjumlah sebanyak $3 \times 15 \times 10 \times 2 = 900$ kali pengujian



Server HP Proliant DL380 G7

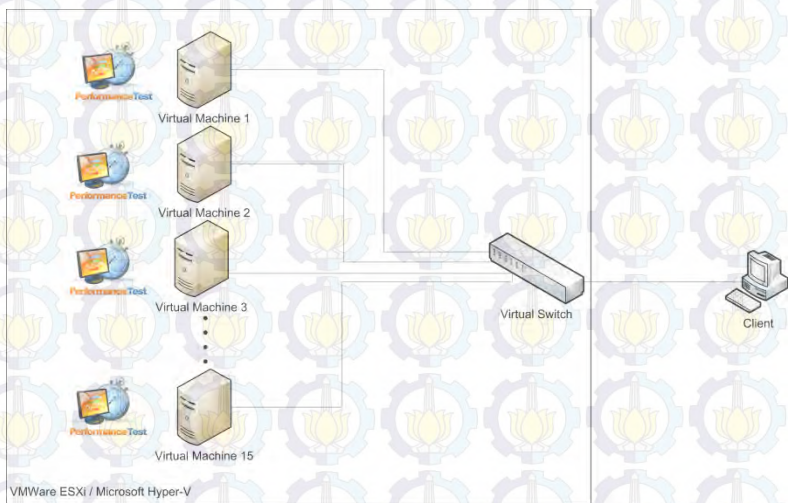
Gambar 3.9 Pengujian *overhead* CPU, *memory* dan *disk*



Gambar 3.10 Flow chart pengujian overhead CPU, memory dan disk

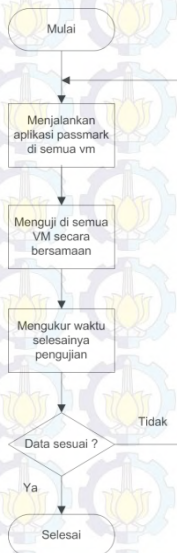
3.5.4 Pengujian *linearity* CPU, memory dan disk

Pada pengujian *linearity*, aplikasi yang sama dijalankan di 15 *virtual machine* bersamaan lalu diukur waktu yang dibutuhkan aplikasi tersebut untuk mengeksekusi semua parameter pengujian. Seperti halnya *overhead*, akan diuji 3 parameter (CPU, *memory* dan *disk*) pada 15 *virtual machine* dan setiap *virtual machine* akan diuji 10 kali dengan 2 *hypervisor*, total pengujian pada *linearity* sebanyak $3 \times 15 \times 10 \times 2 = 900$ kali pengujian.



Server HP Proliant DL380 G7

Gambar 3.11 Pengujian *linearity* CPU, *memory* dan *disk*



Gambar 3.12 Flow chart pengujian *linearity* CPU, *memory* dan *disk*

BAB 4

PENGUKURAN DAN ANALISA DATA

Pada bab 4 akan dilakukan pengukuran dan analisa terhadap sistem virtualisasi seperti yang sudah dijelaskan pada bab 3.

4.1 Pengujian Performa Hyper V dan VMWare ESXi

Pengujian performa dilakukan dengan cara membuat satu *virtual machine* dengan spesifikasi yang sama di dua *hypervisor* yang berbeda lalu diuji dengan parameter yang sama untuk CPU yaitu *integer math*, *floating point math*, *prime numbers*, *extended instructions*, *compression*, *encryption*, *physics*, *sorting* dan *single threaded* sedangkan untuk *memory* adalah *database operations*, *read cached*, *read uncached*, *write*, *available RAM*, *latency* dan *threaded* sehingga bisa dibandingkan kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik diantara *vmware* atau *hyper v*

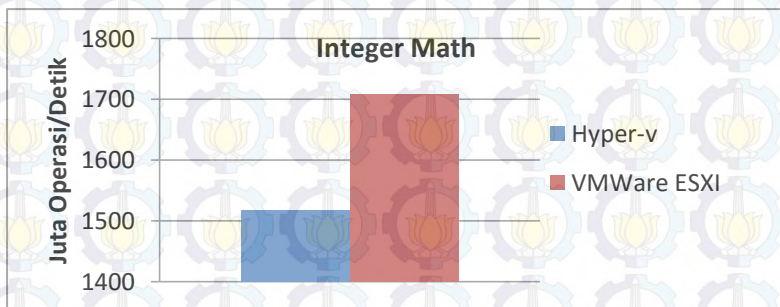
4.1.1 Pengujian CPU

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kinerja *virtual machine* mana yang lebih baik pada parameter CPU. Kinerja CPU yang baik penting untuk *server* yang membutuhkan komputasi yang berat dan konstan seperti *application server* maupun tipe *server* yang lain yang membutuhkan kinerja CPU yang tinggi.

Pada pengujian ini diukur kinerja CPU pada satu *virtual machine* dengan berbagai macam tes yaitu penghitungan integer, floating point, prime numbers, extended instructions, compression, encryption, physics, sorting, single thread. Setiap parameter yang diuji memiliki acuan tersendiri untuk pengujian kinerja CPU kemudian hasilnya dapat langsung dibandingkan performanya.

4.1.1.1 Integer Math

Tes perhitungan integer bertujuan untuk mengukur kecepatan CPU dalam mengoperasikan perhitungan matematis integer. Tes ini menambahkan, mengurangi, mengali, dan membagi bilangan integer acak 32-bit dan 64-bit yaitu penambahan dua angka 32 bit, pengurangan dua angka 32bit, perkalian dua angka 32bit, pembagian dua angka 32 bit, penambahan dua nomor 64 bit, pengurangan dua angka 64bit, perkalian dua angka 64bit dan pembagian dua angka 64bit

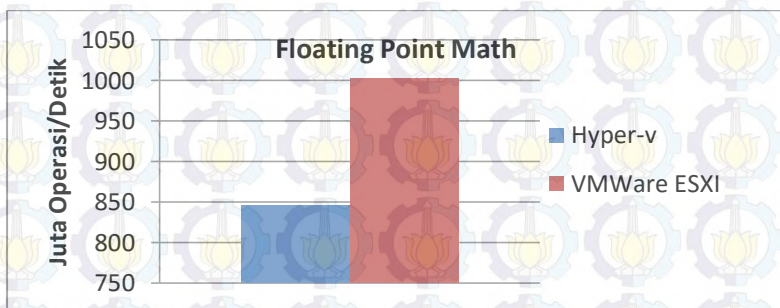


Gambar 4.1 Perbandingan *integer math*

Dalam pengujian ini vmware esxi berhasil mengungguli hyper v karena dapat mengkalkulasi bilangan integer sebanyak 1,7 milyar integer perdetiknya, lebih baik dari hyper v dengan presentase sebesar 12,5 %. Perbedaan ini disebabkan karena pada vmware, *hypervisor* berukuran sangat kecil dan semua manajemen dari *virtual machine* dilakukan dari sisi *client* sehingga vmware dapat memakai *resource CPU server* lebih banyak daripada hyper v untuk digunakan oleh *virtual machine*

4.1.1.2 *Floating Point Math*

Tes perhitungan *floating point* bertujuan untuk mengukur kecepatan CPU dalam mengoperasikan perhitungan bilangan *floating point* (angka dengan bagian pecahan). Tes ini menambahkan, mengurangi, mengali, dan membagi bilangan *floating point* acak 32-bit dan 64-bit.

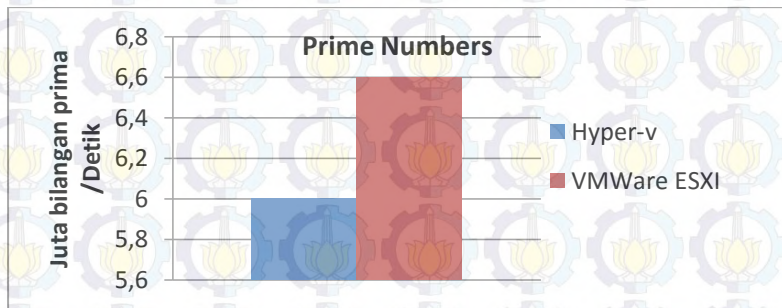


Gambar 4.2 Perbandingan *floating point math*

Gambar 4.2 menunjukkan kinerja CPU untuk perhitungan floating point vmware esxi lebih baik dari hyper v dengan presentase 18,43 %. Hyper v mempunyai hasil yang lebih rendah karena untuk mengaplikasikan hyper v pada server membutuhkan *resource server* yang lebih banyak dari vmware karena sebelumnya harus mengaplikasikan windows server terlebih dahulu sebelum mengaplikasikan hyper v sehingga *resource CPU* yang terpakai untuk *virtual machine* lebih sedikit

4.1.1.3 Prime Numbers

Tes bilangan prima bertujuan untuk mengukur seberapa cepat CPU untuk mencari bilangan prima. Algoritma ini menggunakan *loop*, *multiplication* dan operasi modulus untuk mencari bilangan integer 64 bit.



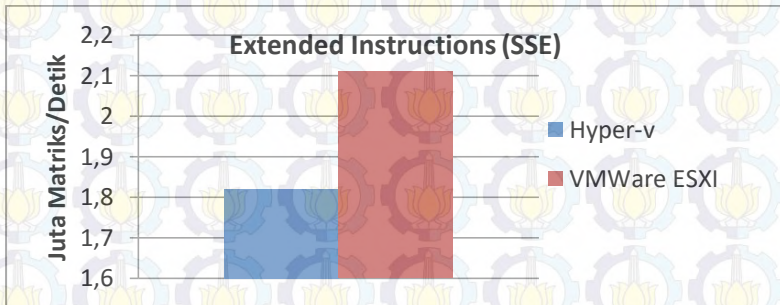
Gambar 4.3 Perbandingan *prime numbers*

Pada tes ini vmware esxi mengungguli hyper v dengan 6,6 juta pencarian bilangan prima perdetik dengan presentase 10% lebih baik. Pada pengujian prime numbers vmware mengungguli hyper v karena untuk pengetesan *prime numbers* semakin banyak *resource CPU* yang dipakai oleh *virtual machine* maka akan semakin besar hasil penghitungan *prime numbers*. Dalam hal ini *resource CPU* vmware dalam server lebih kecil daripada hyper v

4.1.1.4 Extended Instructions (SSE)

Tes ini secara khusus mengukur angka matriks 4 x 4 dan bisa dikalikan oleh vector 4 dimensi perdetik, dengan vector yang diwakili oleh angka *floating point* 128bit (4 32-bit *float*) dan matriks diwakili

oleh 4 angka *floating point* 128bit ($4 * 4$ 32-bit *floats*). Tes ini bertujuan untuk mengukur kemampuan SSE (*Streaming SIMD Extensions*) yang memungkinkan blok data diproses lebih cepat.

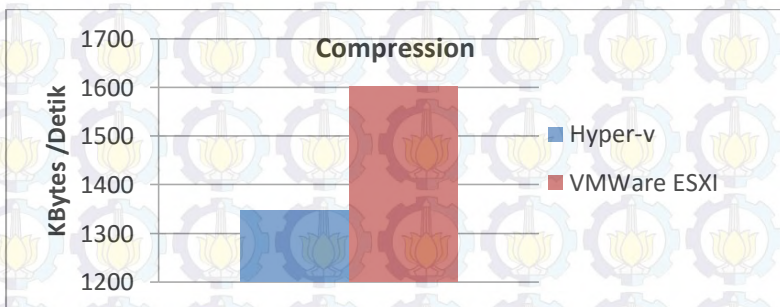


Gambar 4.4 Perbandingan *extended instructions*

Pada tes ini hyper v tertinggal karena hanya mampu memproses 1,82 juta perkalian matriks/detik. Vmware esxi lebih baik dengan presentase 15,93%. Perbedaan ini disebabkan karena pada vmware, *hypervisor* berukuran kecil dan semua manajemen dari *virtual machine* dilakukan dari sisi *client* sehingga vmware dapat memakai *resource* CPU *server* lebih banyak daripada hyper v untuk *virtual machine*

4.1.1.5 *Compression*

Tes kompresi adalah tes untuk mengukur kecepatan dari CPU untuk mengompres blok data menjadi blok data yang lebih kecil tanpa menghilangkan data asli

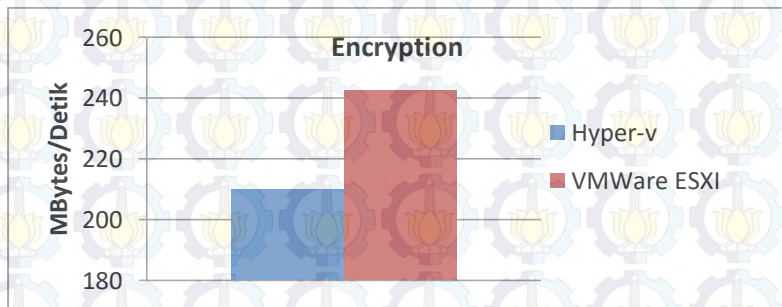


Gambar 4.5 Perbandingan *compression*

Pada tes ini vmware esxi mempunyai kecepatan kompresi yang lebih baik dari hyper v yaitu 1,6 MB perdetik atau lebih baik 18,93%. Tes kompresi membutuhkan Hyper v mempunyai hasil yang lebih rendah karena *resource* untuk komputasi CPU terbagi dengan windows server 2012 yang sebelumnya diinstal sehingga membuat *resource* untuk CPU lebih sedikit dari vmware jadi menghasilkan kompresi yang lebih lambat daripada vmware

4.1.1.6 Encryption

Tes enkripsi bertujuan untuk mengukur kecepatan CPU dalam mengenkripsi blok data acak menggunakan beberapa teknik enkripsi yang berbeda. Tes ini juga menguji kemampuan komputer untuk membuat data *hash* yang juga merupakan teknik umum untuk kriptografi yang bisa digunakan untuk menjamin isi dari data tidak dirusak.

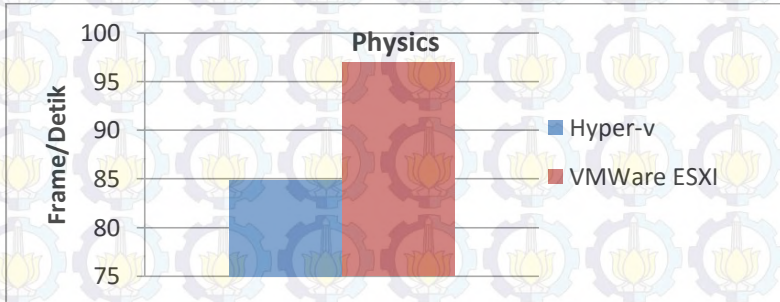


Gambar 4.6 Perbandingan *encryption*

Kecepatan enkripsi dari vmware esxi lebih baik dengan angka 242,4 Mega Bytes perdetik atau dengan presentase 15,53%. Pada pengujian *encryption* vmware mengungguli hyper v karena untuk pengetesan *encryption* semakin banyak *resource* CPU yang dipakai oleh *virtual machine* maka akan semakin cepat enkripsi yang dapat dilakukan. Dalam hal ini *resource* CPU vmware dalam server lebih kecil daripada hyper v dan memungkinkan untuk penggunaan CPU yang lebih baik untuk eksekusi aplikasi. Enkripsi merupakan hal yang penting bagi sebuah *server* karena enkripsi mengamankan komunikasi yang berasal dari *server* maupun yang berasal dari luar *server*

4.1.1.7 *Physics*

Tes fisika ini bertujuan untuk mengukur seberapa cepat CPU bisa menghitung interaksi fisika dari beberapa ribu benda yang saling bertabrakan yang dihitung dengan frame perdetik.

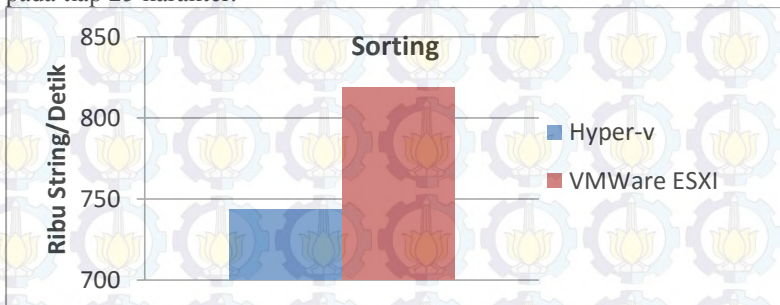


Gambar 4.7 Perbandingan *physics*

Pada tes ini hyper v tertinggal karena hanya mampu memproses 80 frame/detik. Vmware esxi lebih baik dengan presentase 14,25%. Hyper v mempunyai hasil yang lebih rendah karena untuk mengaplikasikan hyper v pada server membutuhkan *resource server* yang lebih banyak dari vmware karena sebelumnya harus mengaplikasikan windows server terlebih dahulu sebelum mengaplikasikan hyper v sehingga *resource CPU* yang terpakai untuk *virtual machine* lebih sedikit dari vmware

4.1.1.8 *Sorting*

Tes string sorting bertujuan untuk mengukur seberapa cepat CPU menyortir tipe data string. Tes ini menyortir 500000 array string acak pada tiap 25 karakter.

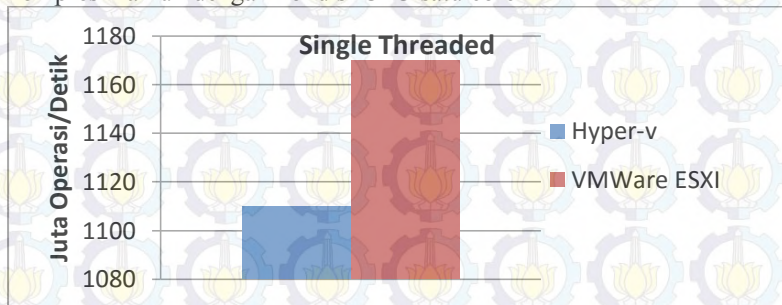


Gambar 4.8 Perbandingan *sorting*

Vmware esxi mengungguli dengan 819 ribu string perdetik. vmware esxi lebih baik dengan presentase 10,08%. Pada pengujian *sorting* vmware mengungguli hyper v karena untuk pengetesan *sorting* semakin banyak *resource* CPU yang dipakai oleh *virtual machine* maka akan semakin besar hasil penghitungan *sorting*. Dalam hal ini *resource* CPU vmware dalam server lebih kecil daripada hyper v

4.1.1.9 *Single Threaded*

Tes ini merupakan kombinasi dari tes *floating point*, *sorting* dan kompresi namun dengan kondisi CPU satu core



Gambar 4.9 Perbandingan *single threaded*

Pada tes ini hyper v tertinggal karena hanya mampu melakukan 1110 juta operasi/detik. Vmware esxi lebih baik dengan presentase 5,4% Perbedaan ini disebabkan karena pada vmware, *hypervisor* berukuran sangat kecil dan semua manajemen dari *virtual machine* dilakukan dari sisi *client* sehingga vmware dapat memakai *resource* CPU server lebih banyak daripada hyper v untuk digunakan oleh *virtual machine*

4.1.1.10 *Perbandingan pengujian CPU VMWare, Hyper V, Proxmox dan Openstack*

Pada bagian ini, pengujian yang sama dilakukan terhadap *hypervisor* lain yaitu *hypervisor* proxmox dan *hypervisor* openstack. Pengujian ini diperlukan agar dapat diketahui dan dibandingkan perbedaan kemampuan dari masing-masing *hypervisor*. Salah satu perbedaan besar yang dari keempatnya adalah perbedaan dari tipe *hypervisor*. VMWare, Hyper v dan Proxmox adalah *hypervisor* tipe 1

(*bare metal*) atau *hypervisor* yang dapat dijalankan langsung pada *server* sedangkan *openstack* adalah *hypervisor* tipe 2 (*hosted*) yang hanya bisa berjalan diatas sistem operasi terlebih dahulu. Perbedaan lainnya adalah *hyper v* dan *vmware esxi* merupakan perangkat lunak *closed source* sedangkan *proxmox* dan *openstack* merupakan perangkat lunak *open source*. Pengujian ini dilakukan dengan parameter dan *resource server* (CPU, *memory* dan *disk*) yang sama agar dapat diperbandingkan dengan setara. Hasil pengukuran performa CPU antar *hypervisor* dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan performa CPU

Parameter	Hyper V	VMWare ESXI	Proxmox	OpenStack
Integer Math	1518	1709	2000	1205
Floating Point Math	846	1002	1000	800
Prime Numbers	6	6,6	8	5,8
Extended Instructions (SSE)	1,82	2,11	5	1,5
Compression	1347	1602	2000	1297
Encryption	209,8	242,4	200	190
Physics	84,9	97	100	80
Sorting	744	819	1000	700
Single Threaded	1110	1170	1500	1029

Terlihat pada hasil pengujian performa CPU pada tabel 4.1, performa *openstack* merupakan yang paling rendah dari tiga *hypervisor* lainnya. Performa CPU yang rendah ini dikarenakan *openstack* adalah *hypervisor* tipe 2, *hypervisor* yang berjalan diatas sistem operasi lain sehingga

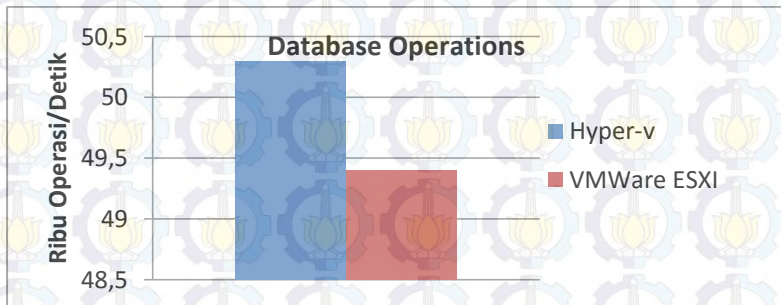
sumber daya CPU terbagi antara sistem operasi dan *hypervisor* dan tidak bisa memaksimalkan performa dari *virtual machine*nya.

4.1.2 Pengujian *memory*

Pengujian *memory* penting dilakukan mengingat *memory* adalah salah satu komponen yang penting bagi sebuah *server*. *Memory* dibutuhkan untuk *server* yang menjalankan beberapa aplikasi secara bersamaan sehingga membutuhkan *memory* yang besar seperti SQL server dan pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *hypervisor* mana yang memiliki pengelolaan *memory* yang lebih baik

4.1.2.1 *Database Operations*

Tes operasi database ini bertujuan untuk mengukur performa dari *memory* dalam menjaga struktur data yang besar yang menggunakan C++ *standard template library container* di *database*. Tes ini mensimulasikan kecepatan *memory* untuk menunjang pengoperasian data pada *database*



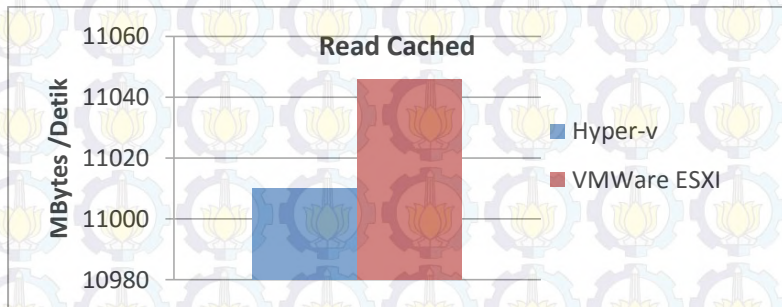
Gambar 4.10 Perbandingan *database operations*

Pada tes ini, vmware esxi tertinggal karena hanya mampu memproses operasi database sebanyak 49,4 ribu operasi/detik. Kinerja hyper v lebih baik dengan presentase 1,82%. Pengujian ini melibatkan alokasi *memory*, *read* dan *write memory* namun tes ini melibatkan *memory* tidak secara sekuensial. Tes *database operation* bergantung tidak hanya pada kecepatan RAM, namun juga ketersediaan RAM dan kecepatan CPU. Pada pengujian ini hyper v mengungguli vmware karena pengoptimalisasian *memory* yang lebih baik ditandai penggunaan

RAM yang lebih besar dari vmware seperti yang terlihat pada Gambar 4.14

4.1.2.2 *Read Cached*

Tes ini mengukur waktu yang dibutuhkan untuk membaca blok memori yang kecil. Blok ini cukup kecil untuk bisa dibaca di *cache*. *Cache* adalah mekanisme penyimpanan data sekunder berkecepatan tinggi yang digunakan untuk menyimpan data / instruksi yang sering diakses. Mekanisme ini dimaksudkan untuk meningkatkan transfer data dengan menyimpan data yang pernah diakses pada *cache* tersebut, sehingga apabila ada data yang ingin diakses adalah data yang sama maka akses akan dapat dilakukan lebih cepat

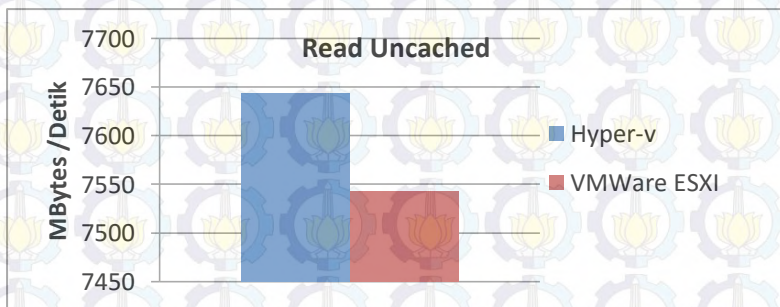


Gambar 4.11 Perbandingan *read cached*

Pada tes ini vmware esxi mengungguli hyper v dengan kecepatan membaca blok memori sebesar 11,046 Giga Bytes/detik dengan presentase 0,32%. Pada pengujian *read cached* ini vmware mengungguli hyper v karena pada vmware kecepatan pembacaan data yang kecil dan sering diakses yang berada di *cache* tergantung tidak hanya pada *memory* namun bergantung juga pada kecepatan CPU. Seperti yang terlihat pada pengujian performa CPU sebelumnya, vmware mengungguli hyper v sehingga mempengaruhi pembacaan *cache* menjadi lebih cepat

4.1.2.3 *Read Uncached*

Tes ini mengukur waktu yang dibutuhkan untuk membaca blok memori yang besar. Blok memori ini sebesar 256 MB, terlalu besar untuk disimpan di *cache*.

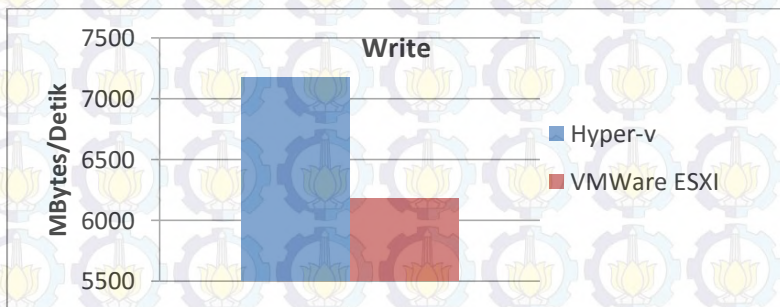


Gambar 4.12 Perbandingan *read uncached*

Berbeda dengan tes *read cached*, pada tes ini hyper v lebih unggul dengan pembacaan 7,644 gigabytes/detik dengan presentase 1,33% lebih baik. Pada pengujian ini faktor yang paling mempengaruhi adalah kecepatan dari pembacaan *memory* itu sendiri dan tidak terlalu tergantung pada kecepatan CPU seperti pada tes *cache*. Pada pengujian ini hyper v lebih baik karena hyper v lebih memaksimalkan performa *memory* sehingga ram yang tersedia untuk aplikasi lebih sedikit seperti yang terlihat pada Gambar 4.14

4.1.2.4 Write

Tes ini bertujuan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menulis informasi kedalam memori dengan satuan megabytes/detik. Tes ini merupakan pengujian yang penting untuk mengukur seberapa cepat aplikasi dapat memakai *memory*

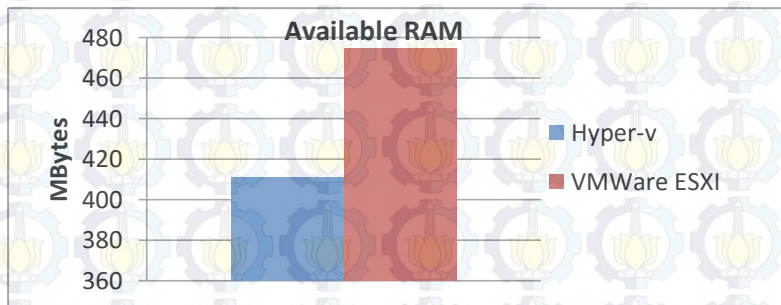


Gambar 4.13 Perbandingan *write*

Pada pengujian ini vmware esxi tertinggal dengan 6178 Mega Bytes/detik. Hyper v lebih baik dengan presentase 16,17%. Kecepatan membaca dari hyper v lebih baik karena proses pengelolaan *memory* dari hyper v lebih baik dari vmware

4.1.2.5 Available RAM

Pada tes ini bertujuan untuk mengukur berapa banyak memori yang tersedia untuk penggunaan aplikasi. *Memory* ini adalah *memory cache* sistem yang akan segera digunakan ketika ada aplikasi yang membutuhkannya dari total ram yang dialokasikan di *virtual machine* sebesar 1 GB.

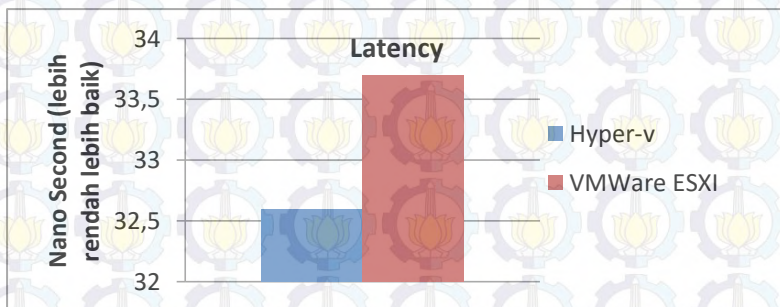


Gambar 4.14 Perbandingan *available ram*

Vmware esxi lebih banyak ram kosong dengan perbedaan sebesar 60 Mega Bytes dengan presentase 15,39%. Pada pengujian ini lebih sedikit *memory*/RAM yang tersedia karena hyper v memaksimalkan performa dari *memory* seperti yang terlihat pada pengujian *database operation*, *read uncached*, *write* dan *latency* yang lebih unggul dari vmware sehingga mempunyai alokasi RAM yang tersedia jadi lebih sedikit dibandingkan vmware

4.1.2.6 Latency

Tes ini bertujuan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan satu byte memori untuk ditransfer ke *processing CPU*.

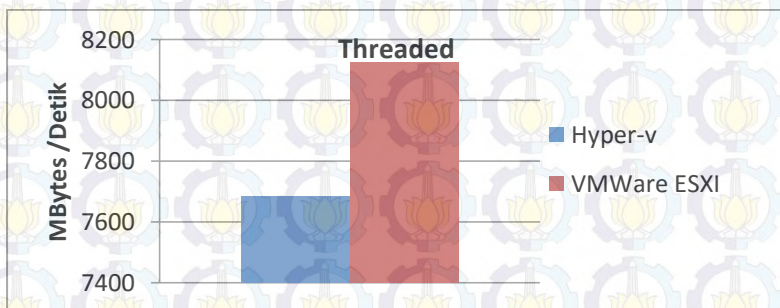


Gambar 4.15 Perbandingan *latency*

Hyper v lebih cepat dalam memproses *latency* dengan kecepatan $32,6 \times 10^{-9}$ detik dengan presentase 3,2%. Salah satu yang mempengaruhi kecepatan *latency* adalah *overhead* dari penggunaan *memory* karena mempengaruhi *delay internal* dari sistem operasi. Pada hasil pengujian *overhead memory* pada hyper v mempunyai waktu *overhead* yang lebih rendah dari vmware pada vm pertama seperti yang terlihat pada Gambar 4.39

4.1.2.7 *Threaded*

Tes ini hampir sama dengan tes membaca *uncached*, namun tes ini dilakukan dengan dua proses yang berbeda secara simultan untuk menguji seberapa baik memori berupaya untuk menjalankan beberapa akses bersamaan.



Gambar 4.16 Perbandingan *threaded*

Vmware esxi unggul dengan kecepatan 8,128 GB perdetik atau 5,75%. Pada pengujian ini vmware mengungguli hyper v karena pengelolaan *virtual machine* dari vmware lebih baik untuk beberapa proses yang berjalan secara simultan

4.1.2.8 Perbandingan pengujian memory VMWare, Hyper V, Proxmox dan Openstack

Pada bagian ini, pengujian yang sama dilakukan terhadap *hypervisor* lain yaitu *hypervisor* proxmox dan *hypervisor* openstack. Pengujian ini diperlukan agar dapat diketahui dan dibandingkan perbedaan kemampuan dari masing-masing *hypervisor* pada parameter *memory* seperti yang terlihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Perbandingan performa memory

Parameter	Hyper V	VMWare ESXI	Proxmox	Openstack
Database Operations	50,3	49,4	49,4	47,5
Read Cached	11010	11046	11215	10913
Read Uncached	7644	7543	7643	7512
Write	7177	6178	7349	7115
Available RAM	411,2	474,5	479,2	403,9
Latency	32,6	33,7	36,1	30,3
Threaded	7686	8128	8163	7621

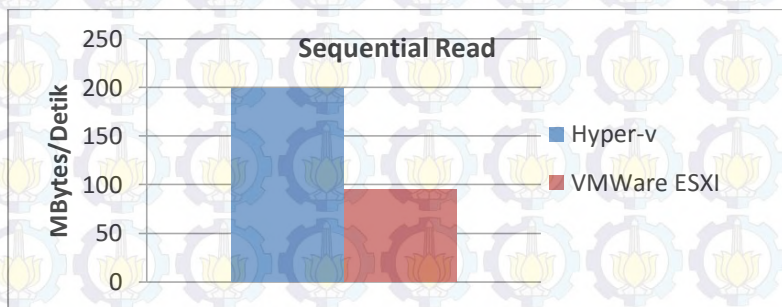
Pada hasil pengujian pada Tabel 4.2, openstack mempunyai hasil yang lebih rendah dari *hypervisor* lainnya karena openstack adalah *hypervisor* tipe kedua yang berbagi *resource* dari *memory* fisik *server* sehingga performa dari openstack lebih rendah dari *hypervisor* lainnya

4.1.3 Pengujian disk

Penggunaan *disk* pada *server* sangat penting karena semua *virtual machine* sebenarnya saling berbagi *resource disk* yang sama. Penggunaan *disk* penting untuk *server* yang membutuhkan kemampuan baca tulis *disk* yang cepat untuk aplikasi yang berjalan pada *server* tersebut contohnya *server* yang berperan sebagai *file server*. Semakin cepat baca tulis *disk* juga tentunya akan membuat performa dari *server* itu menjadi lebih baik. Pada pengujian ini dilakukan pengujian *sequential read* dan *sequential write* untuk mengetahui performa *disk* tersebut

4.1.3.1 Sequential Read

Pada tes ini dibuat *file* yang besar di *disk* lalu *file* ini dibaca secara sekuensial (membaca data besar yang berdekatan) dari awal hingga akhir.



Gambar 4.17 Perbandingan *sequential read*

Dapat dilihat pada Gambar 4.16 hyper v unggul karena mempunyai kecepatan membaca file sebesar 198,7 MB/detik atau 107,41% lebih baik. Pada pengujian ini hyper v lebih baik karena sebelum menjalankan *role* hyper v pada *server*, *server* terlebih dahulu diinstal windows server 2012 yang berperan untuk mengatur manajemen *disk* yang lebih baik

4.1.3.2 Sequential Write

Pada tes ini file besar di *write* di *disk*. *File* ini di *write* secara sekuensial dari awal hingga akhir.



Gambar 4.18 Perbandingan *sequential write*

Pada Gambar 4.17, hyper v kembali unggul dengan kecepatan *write* sebesar 131,9 MB/detik dengan presentase 88,96%. Pada pengujian ini hyper v lebih baik karena sebelum menjalankan *role* hyper v pada server, server terlebih dahulu diinstal windows server 2012 yang berperan untuk mengatur manajemen *disk* yang lebih baik

4.1.3.3 Perbandingan pengujian disk VMWare, Hyper V, Proxmox dan Openstack

Pada bagian ini, pengujian yang sama dilakukan terhadap *hypervisor* lain yaitu *hypervisor* proxmox dan *hypervisor* openstack. Pengujian ini diperlukan agar dapat diketahui dan dibandingkan perbedaan kemampuan dari masing-masing *hypervisor*. Dalam pengujian ini menguji pembacaan maupun penulisan dari disk

Tabel 4.3 Perbandingan performa *disk*

Parameter	Hyper v	VMWare ESXI	Proxmox	Openstack
Sequential Read	198,7	95,8	205,3	132,6
Sequential Write	131,9	69,8	149,7	97,3

Pada hasil pengujian diatas, proxmox mempunyai nilai pembacaan maupun penulisan yang tinggi karena proxmox mempunyai manajemen *disk* yang lebih baik dari *hypervisor* yang lain

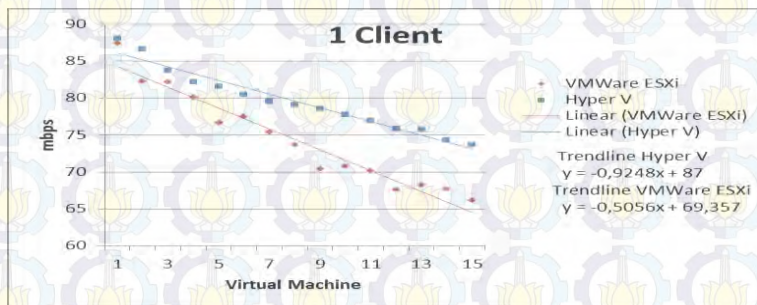
4.1.4 Pengujian network

Pengujian jaringan penting untuk *server* yang membutuhkan akses jaringan seperti *webserver* untuk menjaga performa dari *webserver* itu sendiri dengan parameter *throughput*, *jitter* dan *packet loss* dari jaringan.

Pengujian ini bertujuan untuk menguji virtual switch dari di masing-masing *hypervisor* dengan cara mengirimkan data melalui protocol udp dengan *bandwidth* 100 megabits ke semua *server* secara terus menerus selama 10 detik. Lalu ditambah dengan *client* 2 sampai 5 *client* kemudian diukur hasilnya

4.1.4.1 Pengujian network 1 client

Pada pengujian ini, diuji kemampuan dari *virtual switch* dengan mengirimkan paket dengan *bandwidth* 100 mbps dengan waktu 10 detik dengan 1 *client* mengirimkan tersebut ke 15 vm



Gambar 4.19 Perbandingan *throughput* 1 Client

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.19 diatas, perbedaan *throughput* antar vm pertama sebesar 0,69% dan pada vm ke 15 sebesar 11,36% dengan rata-rata perbedaan *throughput* sebesar 7,26%

Selanjutnya adalah perbandingan dari *throughput* 1 *client* antar *hypervisor* VMWare ESXi, Hyper V, Proxmox dan Openstack yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perbandingan *throughput* 1 client

Throguhput 1 CLIENT (mbps)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	93,9	94,9	69,08	88,04
2	93,9	94,9	68,6	86,62
3	91,16	92,2	67,54	83,68
4	86,9	87	67,42	82,14
5	70,56	76,8	67,26	81,52
6	66,62	67,16	66,62	80,42
7	60,5	55,44	66,5	79,54
8	41,54	46,42	64,12	79,14
9	37,24	33,76	63,86	78,6
10	33,06	31,66	63,8	77,74
11	32,88	31,04	63,76	76,94
12	32,16	31,78	63,34	75,88
13	30,04	32,1	62,74	75,72
14	23,08	24,62	62,58	74,34
15	21,96	21,6	62,46	73,7



Gambar 4.20 Perbandingan *jitter* 1 Client

Hal selanjutnya yang dibandingkan adalah *jitter* dari 1 client seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 diatas. Terlihat *jitter* dari

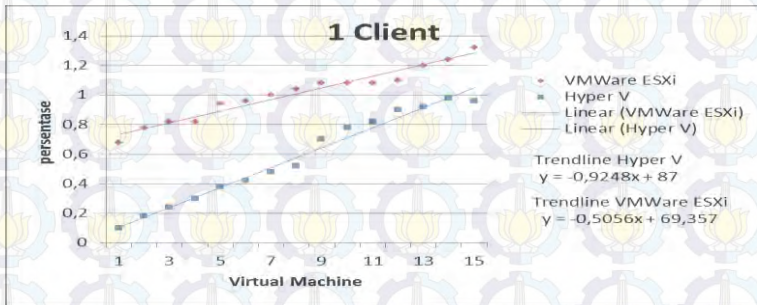
VMWare ESXi lebih besar dari Hyper v berbanding lurus dengan perbandingan *throughput*

Kemudian dibandingkan besarnya *jitter* dari *hypervisor* lain yaitu *jitter* dari proxmox, openstack, vmware dan hyper V yang tertera pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Perbandingan performa 1 client

JITTER 1 CLIENT (ms)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,2926	0,502	0	0
2	0,4152	1,1574	0	0
3	0,854	1,4416	0,006	0
4	0,8634	2,8784	0,018	0
5	0,969	3,986	0,032	0,014
6	2,684	5,2022	0,038	0,026
7	2,4522	7,0216	0,048	0,032
8	3,164	8,8244	0,052	0,042
9	6,915	9,1692	0,06	0,04
10	7,6124	11,3674	0,066	0,048
11	9,3832	13,226	0,072	0,062
12	8,8302	15,4956	0,072	0,076
13	13,734	17,5786	0,074	0,062
14	13,2258	18,6402	0,074	0,07
15	14,1966	20,0852	0,084	0,074

Jitter mempunyai nilai yang berbanding lurus sesuai jumlah *virtual machine*, semakin banyak jumlah *virtual machine* maka semakin besar juga *jitter* pada jaringan



Gambar 4.21 Perbandingan *packet loss* 1 Client

Selain *throughput* dan *jitter*, hal yang dibandingkan lainnya adalah *packet loss* seperti yang terlihat pada Gambar 4.21. *packet loss* juga berkorelasi dengan *throughput*, semakin rendah *throughput* karena semakin banyak *packet loss*nya

Packet loss dari *hypervisor* lain juga dibandingkan lalu dimasukkan tabel seperti yang berada pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Perbandingan *packet loss* 1 client

PACKET LOSS 1 CLIENT (%)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	1,62	0,6	0,68	0,1
2	1,52	1,48	0,78	0,18
3	1,04	2,5	0,82	0,24
4	1,42	2,54	0,82	0,3
5	4,7	3,58	0,94	0,38
6	4,54	5,24	0,96	0,42
7	7,84	8,28	1	0,48
8	10,84	11,16	1,04	0,52
9	11,46	12,1	1,08	0,7
10	11,72	14,3	1,08	0,78
11	11,3	13,3	1,08	0,82

12	12,1	15,92	1,1	0,9
13	12,28	15,34	1,2	0,92
14	12,22	15,44	1,24	0,98
15	11,84	16,56	1,32	0,96

4.1.4.2 Pengujian network 2 client

Pada pengujian ini, diuji kemampuan dari *virtual switch* dengan mengirimkan paket dengan *bandwidth* 100 mbps dengan waktu 10 detik dengan 2 *client* mengirimkan data tersebut ke 15 *vm*



Gambar 4.22 Perbandingan *throughput* 2 Client

Hasil percobaan terlihat pada Gambar 4.22. pada VM ke 1 perbedaan *throughput* sebesar 6,37% sedangkan pada VM ke 15 perbedaan *throughput* sebesar 2,15% Untuk rata-rata perbedaan *throughput* sebesar 2,11%

Selanjutnya dibandingkan *throughput* dari *hypervisor* lainnya yang tertera pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Perbandingan *throughput* 2 client

Throguhput 2 CLIENT (mbps)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	67,7	72,8	60,06	63,38
2	67,7	72,7	59,76	63,16

3	63,5	64,5	59,6	63,16
4	51,8	50,3	58,74	63,02
5	36,3	39,2	58,14	63,02
6	36,3	37,1	57,36	62,86
7	36,9	35,3	57,28	62,84
8	23,0	29,8	55,36	61,54
9	22,5	27,3	55,02	60,7
10	20,9	27,2	54,98	60,26
11	20,8	26,8	54,88	60,08
12	23,3	24,3	54,8	59,72
13	22,5	23,5	53,5	59,22
14	21,4	21,4	52,22	58,38
15	19,5	20,5	51,32	57,98



Gambar 4.23 Perbandingan *jitter* 2 Client

Pada Gambar 4.23 terdapat perbandingan *jitter* 2 client. Terlihat lebih vmware esxi mempunyai *jitter* yang lebih besar dibandingkan hyper v yang juga berbanding lurus dengan *throughput*nya

Selanjutnya dibandingkan performa *jitter* dari *hypervisor* lainnya yang tertera pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Perbandingan jitter 2 client

JITTER 2 CLIENT (ms)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,6	0,3828	0,136	0,084
2	0,7742	1,5218	0,148	0,084
3	1,7886	2,0054	0,152	0,094
4	0,9336	3,7848	0,152	0,096
5	1,4736	4,7542	0,156	0,098
6	2,52	5,8616	0,162	0,114
7	3,0842	7,2716	0,17	0,118
8	3,153	9,5314	0,188	0,146
9	5,3546	11,5884	0,23	0,168
10	7,204	10,9924	0,254	0,196
11	7,0072	14,3488	0,26	0,202
12	8,9112	16,3854	0,262	0,21
13	9,8166	17,329	0,262	0,214
14	12,3764	18,6036	0,27	0,216
15	15,1694	20,6008	0,272	0,218



Gambar 4.24 Perbandingan packet loss 2 Client

Untuk *packet loss* sendiri, persentase *packet loss* dari vmware esxi lebih besar dibanding hyper v seperti yang ditunjukkan pada Gambar

4.24. semakin besar *jitter* dan *throughput*nya juga berbanding lurus dengan *packet loss* yang terukur pada perangkat lunak JPerf

Selanjutnya dibandingkan *packet loss* dari *hypervisor* lainnya yang tertera pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Perbandingan *packet loss* 2 client

PACKET LOSS 2 CLIENT (%)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,322	0,58	2,078	2,022
2	1,04	1,26	2,18	2,13
3	2,52	2,42	2,276	2,134
4	3,54	3,56	2,26	2,244
5	5,26	4,64	2,27	2,226
6	6,24	5,36	2,266	2,236
7	8,98	7,8	2,38	2,336
8	11,38	10,6	2,37	2,33
9	12,52	12,92	2,392	2,338
10	14,3	14,34	2,576	2,382
11	13,72	14,08	2,598	2,438
12	15,1	15,68	2,686	2,432
13	15,5	16,46	2,706	2,528
14	16,84	17,56	2,768	2,536
15	17,22	17,42	2,988	2,53

4.1.4.3 *Pengujian network 3 client*

Pada pengujian ini, diuji kemampuan dari *virtual switch* dengan mengirimkan paket dengan *bandwidth* 100 mbps dengan waktu 10 detik dengan 3 *client* mengirimkan data tersebut ke 15 vm



Gambar 4.25 Perbandingan *throughput* 3 Client

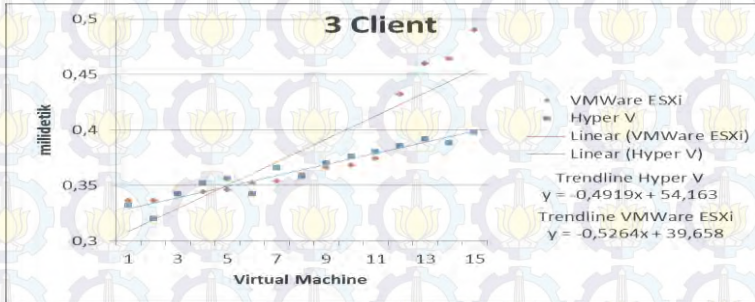
Pada percobaan 3 client, perbedaan *throughput* VM ke 1 sebanyak 0,22% sedangkan perbedaan *throughput* pada VM ke 15 sebesar VM ke 15 7,42%. Dengan rata-rata perbedaan sebesar 3,19%

Selanjutnya adalah membandingkan performa *throughput* 3 client dari 4 hypervisor yaitu proxmox, openstack, vmware esxi dan hyper v seperti yang tertera pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Perbandingan *throughput* 3 client

Throguhput 3 CLIENT (mbps)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	93,9	94,9	69,08	88,04
2	93,9	94,9	68,6	86,62
3	91,16	92,2	67,54	83,68
4	86,9	87	67,42	82,14
5	70,56	76,8	67,26	81,52
6	66,62	67,16	66,62	80,42
7	60,5	55,44	66,5	79,54
8	41,54	46,42	64,12	79,14
9	37,24	33,76	63,86	78,6
10	33,06	31,66	63,8	77,74
11	32,88	31,04	63,76	76,94

12	32,16	31,78	63,34	75,88
13	30,04	32,1	62,74	75,72
14	23,08	24,62	62,58	74,34
15	21,96	21,6	62,46	73,7



Gambar 4.26 Perbandingan *jitter* 3 Client

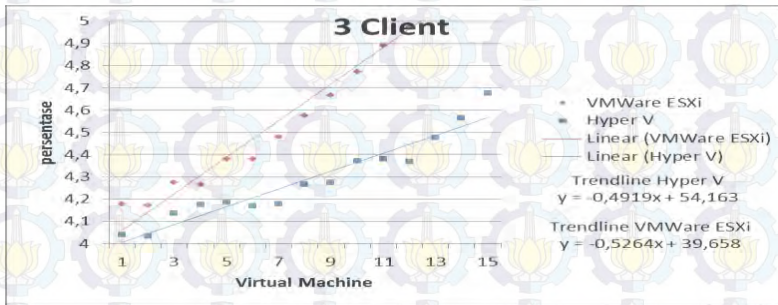
Selain pengukuran *throughput*, terdapat juga pengukuran parameter *jitter* yang terlihat pada Gambar 4.26 diatas, dapat dilihat *jitter* juga bersifat linier. Berbanding lurus dengan *throughput*

Selanjutnya diperbandingkan *jitter* dari 4 *hypervisor*, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Perbandingan *jitter* 3 client

JITTER 3 CLIENT (ms)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,2664	0,6398	0,336	0,332
2	0,8108	1,4548	0,336	0,32
3	2,4324	2,5644	0,342	0,342
4	1,8444	4,0392	0,344	0,352
5	2,3618	4,621	0,346	0,356
6	2,545	6,1774	0,352	0,342
7	3,4826	7,2206	0,354	0,366

8	6,5728	9,3488	0,36	0,358
9	9,2262	10,2628	0,366	0,37
10	12,17	12,1962	0,368	0,376
11	15,4688	13,7898	0,374	0,38
12	16,7056	16,9544	0,432	0,386
13	17,1458	18,6024	0,46	0,392
14	19,5946	20,5478	0,464	0,388
15	23,0362	22,4232	0,49	0,398



Gambar 4.27 Perbandingan *packet loss* 3 Client

Pada pengukuran *packet loss* terlihat hyper v lebih kecil mengalami *packet loss* dibanding vmware esxi. *Packet loss* hyper v berbanding lurus dengan *jitter* dan *throughput* yang sudah diukur

Dapat dilihat pada Tabel 4.12 perbedaan performa *packet loss* dari 3 client

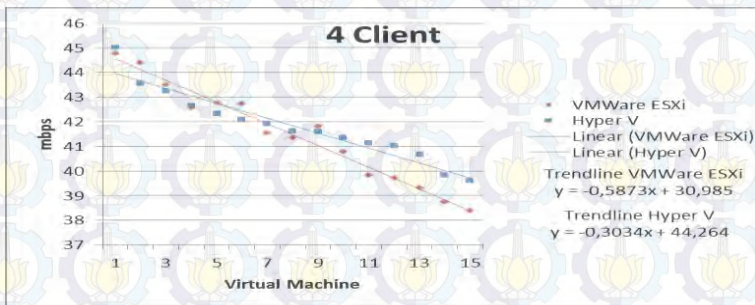
Tabel 4.12 Perbandingan *packet loss* 3 client

PACKET LOSS 3 CLIENT (%)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,8	0,4	4,178	4,038
2	3,04	1,2	4,172	4,032
3	3,4	2,42	4,276	4,136
4	3,42	3,26	4,266	4,176

5	3,64	4,68	4,38	4,188
6	4,22	6,1	4,38	4,17
7	8,22	8,18	4,48	4,178
8	12,42	11,66	4,576	4,266
9	13,32	13,1	4,668	4,276
10	14,88	13,98	4,772	4,37
11	14,94	13,78	4,89	4,38
12	16	15,12	4,974	4,368
13	16,94	16,54	5,086	4,478
14	17,04	18,14	5,172	4,564
15	19,42	19,7	5,278	4,676

4.1.4.4 Pengujian network 4 client

Pada pengujian ini, diuji kemampuan dari *virtual switch* dengan mengirimkan paket dengan *bandwidth* 100 mbps dengan waktu 10 detik dengan 4 *client* mengirimkan data tersebut ke 15 *vm*



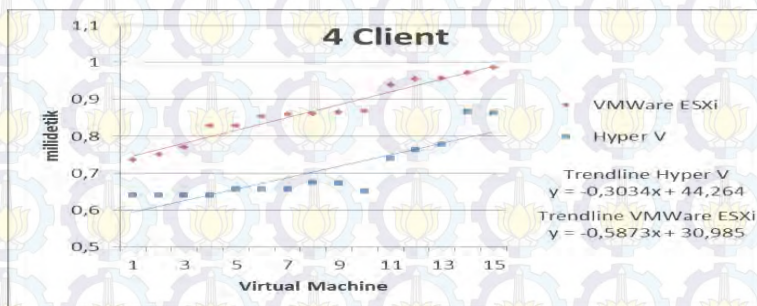
Gambar 4.28 Perbandingan *throughput* 4 Client

Setelah melakukan pengujian pada 4 *client*, hasil yang didapatkan seperti yang terlihat pada Gambar 4.28. perbedaan *throughput* pada VM 1 sebesar 0,54% sedangkan pada VM 15 sebesar 3,13% Rata-rata perbedaan *throughput* sebesar 1,68%

Selanjutnya dibandingkan performa *throughput* dari 4 *hypervisor* seperti yang terlihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Perbandingan *throughput* 4 client

Throguhput 4 CLIENT (mbps)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	44,4	42,3	29,76	45
2	44,4	43,8	29,16	43,54
3	35,4	38,2	28,56	43,24
4	24,6	23,0	28,46	42,66
5	19,9	20,1	28,24	42,32
6	17,8	14,4	27,46	42,08
7	17,0	15,9	27,36	41,92
8	16,2	13,2	27,1	41,62
9	15,2	12,8	27,06	41,6
10	12,0	12,3	25,4	41,36
11	12,8	12,3	25,34	41,12
12	13,0	9,9	25,08	41,02
13	11,2	17,3	24,04	40,66
14	15,6	8,3	20,88	39,82
15	0,9	0,3	20,4	39,6



Gambar 4.29 Perbandingan *jitter* 4 Client

Pada Gambar 4.29 adalah perbandingan pada *jitter* 4 *client*. VMware lebih mempunyai banyak *jitter* dibanding hyper v. bila dibandingkan, hasilnya pengukuran *jitter* linier dengan *throughput*nya

Selanjutnya adalah perbandingan *jitter* dari 4 *client* seperti yang terlihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Perbandingan *jitter* 4 *client*

JITTER 4 CLIENT (ms)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,6112	0,7938	0,736	0,64
2	0,3228	1,5712	0,75	0,64
3	1,6448	2,4074	0,77	0,64
4	1,9424	4,4226	0,828	0,64
5	2,3092	5,33	0,828	0,656
6	2,2558	7,6576	0,854	0,656
7	3,5322	8,5344	0,858	0,656
8	5,6136	9,9382	0,86	0,674
9	8,5722	12,4944	0,864	0,672
10	14,6508	13,4622	0,868	0,65
11	17,3772	14,8878	0,938	0,74
12	19,151	18,0642	0,954	0,762
13	19,8628	19,2582	0,956	0,778
14	21,7778	20,6178	0,97	0,866
15	23,8684	21,9768	0,986	0,862



Gambar 4.30 Perbandingan *packet loss* 4 Client

Selain *jitter* juga ada *packet loss* (paket yang hilang) yang ditandai oleh banyaknya loss dari VMWare ESXi, bila dilihat pada grafik berbanding lurus dengan *throughput* dan *jitter* yang telah diukur

Perbandingan *packet loss* dari 4 *hypervisor* : proxmox, openstack, vmware dan hyper v dengan 4 *client* dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah

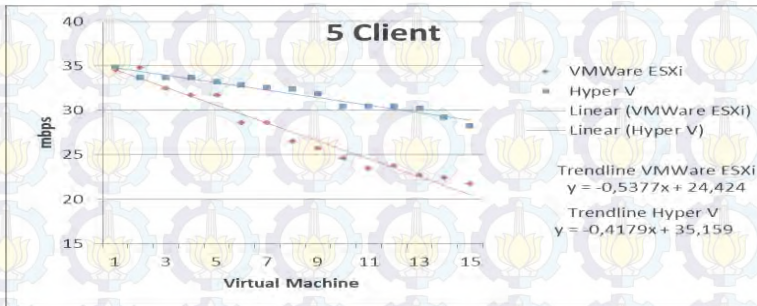
Tabel 4.15 Perbandingan *packet loss* 4 client

PACKET LOSS 4 CLIENT (%)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	1,1	0,6	5,054	5,034
2	1,38	1,54	5,138	5,064
3	2,82	2,48	5,25	5,148
4	3,5	3,66	5,374	5,154
5	3,9318	4,26	5,468	5,264
6	5,28	5,5	5,564	5,344
7	8,64	7,82	5,642	5,38
8	9,88	12,34	5,772	5,458
9	12,4	12,72	5,84	5,568
10	14,06	13,84	5,958	5,638
11	13,8	15,08	6,096	5,768
12	15,22	15,9	6,256	5,762
13	16,72	17,16	6,442	5,844

14	17,14	71,94	6,554	5,958
15	19,76	20,4	6,844	5,958

4.1.4.5 Pengujian network 5 client

Pada pengujian ini, diuji kemampuan dari *virtual switch* dengan mengirimkan paket dengan *bandwidth* 100 mbps dengan waktu 10 detik dengan 5 *client* mengirimkan data tersebut ke 15 *vm*



Gambar 4.31 Perbandingan *throughput* 5 Client

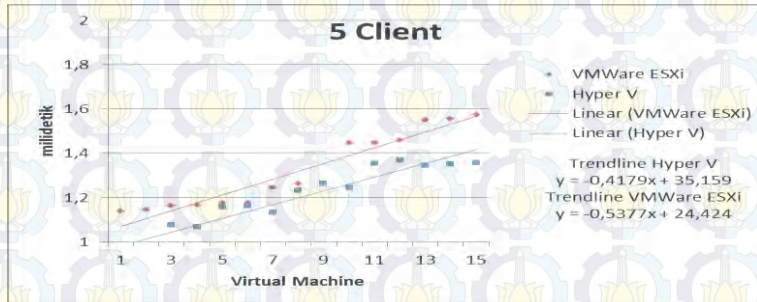
Pada percobaan 5 *client*, perbedaan *throughput* *vm* 1 sebesar 0,75% dan perbedaan *throughput* VM ke 15 29,98% dengan rata-rata perbedaan 17,88%. Pada percobaan-percobaan yang telah dilakukan, mempunyai pola yang sama yaitu bersifat linier, semakin banyak *virtual machine* dan *client*, semakin sedikit *throughput* yang terukur

Selanjutnya dibandingkan perbedaan *throughput* 5 *client* dari 4 *hypervisor* pada Tabel 4.12

Tabel 4.16 Perbandingan *throughput* 5 *client*

Throguhput 5 CLIENT (mbps)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	37,8	34,2	26,1	34,8
2	37,8	38,2	23,24	33,66
3	31,3	29,3	22,2	33,62

4	21,9	21,9	21,7	33,6
5	16,3	16,3	21,26	33,2
6	14,4	14,4	20,28	32,82
7	19,2	15,2	20,26	32,54
8	11,3	11,3	19,58	32,38
9	27,6	29,2	19,16	31,86
10	0,3	10,3	19,12	30,4
11	9,7	0,1	19	30,4
12	13,6	13,4	18,9	30,38
13	17,1	16,3	17,92	30,2
14	1,2	2,1	17,46	29,2
15	0,0	0,0	15,66	28,18



Gambar 4.32 Perbandingan *jitter* 5 Client

Gambar 4.32 merepresentasikan *jitter* dari jaringan yang sedang diuji yaitu jaringan dengan 5 *client*. Semakin banyak *client*, maka berbanding lurus dengan *jitter* yaitu semakin banyak juga karena paket mengalami antrian dalam jaringan

Selanjutnya diperbandingkan performa *jitter* antar *hypervisor* dengan 5 *client* seperti yang terlihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Perbandingan *jitter 5 client*

JITTER 5 CLIENT (ms)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	0,475	0,4554	1,14	0,954
2	0,4898	1,647	1,146	0,944
3	0,5132	2,891	1,164	1,076
4	0,555	4,6302	1,166	1,052
5	0,9398	5,756	1,174	1,148
6	1,091	7,2536	1,174	1,17
7	1,235	10,5602	1,244	1,154
8	3,1128	10,483	1,262	1,278
9	3,2654	11,6132	1,264	1,256
10	8,219	14,1602	1,446	1,256
11	11,3434	14,8392	1,448	1,332
12	14,1102	18,4924	1,46	1,334
13	15,7756	20,1972	1,548	1,336
14	20,9752	22,1274	1,556	1,36
15	22,0758	21,8876	1,574	1,362



Gambar 4.33 Perbandingan *packet loss 5 Client*

Selain menguji *throughput* dan *jitter*, pengujian ini juga menguji *packet loss* dari jaringan yang ditunjukkan dalam bentuk presentase pada Gambar 4.33

Selanjutnya dibandingkan performa *packet loss* dari 4 *hypervisor* seperti yang terlihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Perbandingan *packet loss* 5 client

PACKET LOSS 5 CLIENT (%)				
VM ke-	Proxmox	OpenStack	VMWare ESXi	Hyper V
1	1,1	0,5	7,072	6,052
2	1,36	1,16	7,282	6,262
3	1,78	2,54	7,462	6,47
4	1,92	3,42	7,69	6,654
5	2,68	4,5	7,886	6,87
6	3,94	5,54	8,08	7,044
7	5,02	8,68	8,292	7,242
8	4,82	12,14	8,48	7,456
9	6,06	13,52	8,672	7,64
10	6,5	14,72	8,87	7,854
11	10,3	15,22	9,278	8,062
12	11,64	17,28	9,476	8,164
13	12,02	17,06	9,672	8,38
14	13,28	19,22	9,876	8,342
15	19,08	21,72	9,974	8,366

4.2 Pengujian *Overhead*

Pada *server* biasa, arsitektur dari perangkat keras hanya digunakan oleh satu sistem operasi, sedangkan dalam sistem virtualisasi, *resource computing* fisik tidak lagi dimonopoli oleh satu sistem operasi, tapi berbagi *resource* dengan beberapa *virtual machine*. Untuk memastikan transparansi, isolasi dan keamanan dari sistem, maka eksekusi aplikasi

yang menggunakan *resource hardware* fisik ada yang tidak dapat langsung dieksekusi pada sistem operasi *virtual machine*, namun dieksekusi pada *hypervisor*. Proses eksekusi tambahan ini akan memakan waktu tambahan yang disebut *overhead* yang tentunya sangat penting untuk diukur agar dapat menjamin performa dari *virtual machine* itu sendiri

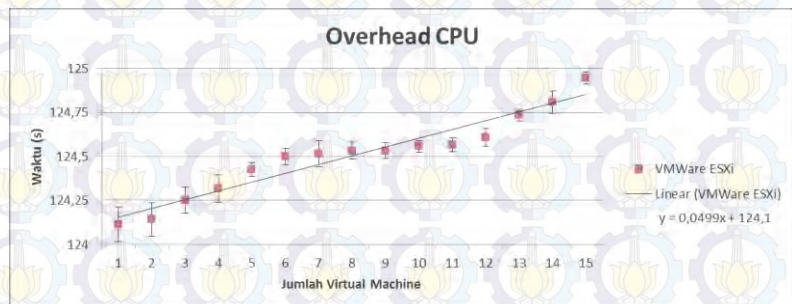
Pengujian *overhead* dilakukan dengan cara menjalankan aplikasi di satu *virtual machine*, kemudian *virtual machine* lain dijalankan satu persatu tanpa menjalankan aplikasi kemudian dicatat lamanya eksekusi aplikasi tersebut. Pengujian ini dilakukan sepuluh kali per *virtual machine* agar didapatkan ketelitian yang tepat dan valid. Setiap pengukuran pada tiap *virtual machine* mempunyai variasi waktu yang berbeda-beda, yang ditunjukkan dengan standar deviasi pada grafik. Pengujian yang dilakukan terhadap 3 parameter (CPU, *memory* dan *disk*) dengan 15 *virtual machine* dan masing-masing *virtual machine* diuji 10 kali pada 2 *hypervisor* berjumlah sebanyak $3 \times 15 \times 10 \times 2 = 900$ kali pengujian

4.2.1 Pengujian *overhead* CPU

Pada pengujian *overhead* CPU bertujuan untuk mengukur perbedaan *overhead* dari masing-masing *virtual machine*.

4.2.1.1 Hasil pengujian *overhead* CPU VMWare ESXi

Pengujian pertama dilakukan terhadap VMWare ESXi untuk mengetahui besarnya *overhead* dari CPU, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.34

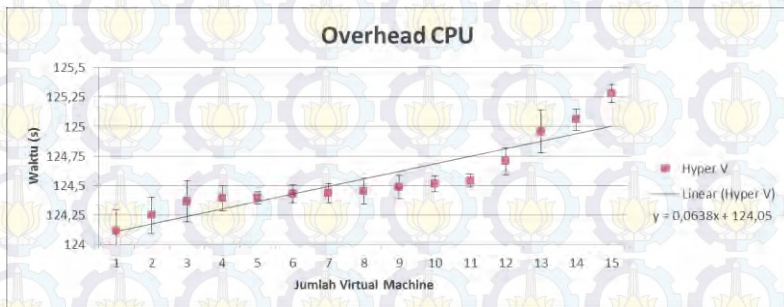


Gambar 4.34 *Overhead* CPU VMWare ESXi

Pada pengujian ini waktu eksekusi dari aplikasi bersifat linier, semakin banyak jumlah *virtual machine* maka semakin lama eksekusi aplikasinya dengan perbedaan waktu yang tidak terlalu jauh. Terdapat pula beberapa variasi waktu pengujian yang ditandai dengan terdapatnya deviasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.34

4.2.1.2 Hasil pengujian overhead CPU Hyper v

Pengujian kedua dilakukan terhadap Hyper V untuk mengetahui besarnya *overhead* dari CPU, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.35

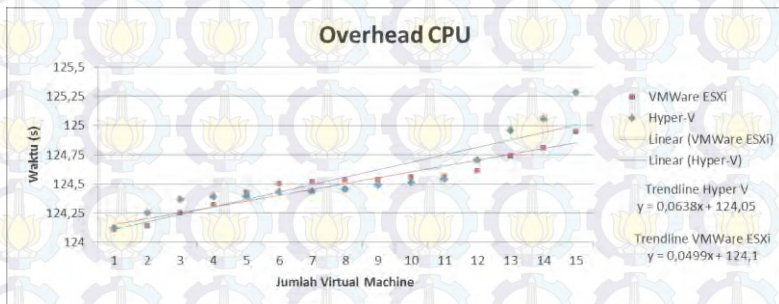


Gambar 4.35 Overhead CPU Hyper V

Dapat terlihat pada Gambar 4.35 hasil pengujian dari *overhead* hyper v. Memiliki pola grafik yang tidak jauh berbeda dari pengujian vmware esxi yaitu bersifat linier, semakin banyak *virtual machine* yang dijalankan maka semakin lama pula waktu eksekusi dari aplikasi yang dijalankan. Namun pada pengukuran ini perbedaan waktu eksekusi aplikasi ketika hanya ada satu *virtual machine* yang dihidupkan dengan 15 *virtual machine* dihidupkan tidak terlalu jauh

4.2.1.3 Perbandingan hasil pengujian overhead CPU VMWare ESXi dan Hyper v

Perbandingan *overhead* CPU dilakukan antara vmware esxi dengan hyper v berdasarkan data yang sudah didapatkan dan dapat dilihat pada Gambar 4.36



Gambar 4.36 Perbandingan *overhead* CPU

Gambar 4.36 merepresentasikan tentang perbedaan waktu ketika pengukuran *overhead* dari CPU antara yang berjalan linear yaitu semakin banyak *virtual machine* yang dijalankan maka semakin lama eksekusi dari aplikasi itu. Terlihat pada Gambar 4.36 di *virtual machine* ke 12-15 eksekusi aplikasi di hyper v berjalan lebih lama dibandingkan dengan vmware esxi. Hal ini juga merepresentasikan kinerja dari CPU *hypervisor* tersebut, karena semakin bagus kinerja CPU, maka semakin cepat pula eksekusi aplikasinya. Selanjutnya adalah perbandingan *overhead* CPU antar 4 *hypervisor* seperti pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Perbandingan *overhead* CPU 4 *hypervisor*

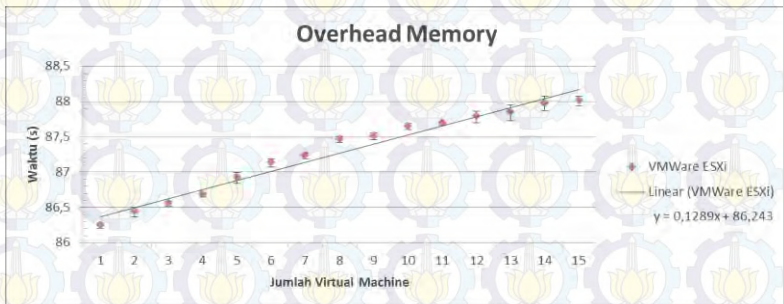
	Jumlah	OVERHEAD			
		CPU Proxmox	CPU Openstack	CPU VMWare	CPU Hyper V
CPU	1 VM	124,182	125,717	124,114	124,118
	2 VM	124,265	125,78	124,142	124,249
	3 VM	124,445	125,943	124,252	124,365
	4 VM	124,597	126,056	124,318	124,392
	5 VM	124,744	126,399	124,426	124,394
	6 VM	124,669	126,442	124,499	124,429
	7 VM	124,812	126,485	124,516	124,436
	8 VM	124,849	126,528	124,532	124,452
	9 VM	124,84	126,571	124,533	124,487
	10 VM	125,108	126,614	124,557	124,514
	11 VM	125,263	126,957	124,565	124,541
	12 VM	125,282	127,382	124,609	124,705
	13 VM	125,41	127,507	124,736	124,957
	14 VM	125,722	127,742	124,809	125,058
	15 VM	126,219	127,757	124,948	125,282
	Rata-rata	124,9604667	126,6586667	124,5037333	124,5586

4.2.2 Pengujian *overhead memory*

Selain pengujian *overhead* dari CPU, dilakukan juga pengujian *overhead* dari *memory* bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jumlah *virtual machine* dan *memory* dengan waktu eksekusi dari aplikasi.

4.2.2.1 Hasil pengujian *overhead memory VMWare ESXi*

Pengujian pertama *overhead* dari *memory* yaitu pengujian vmware esxi. Aplikasi dijalankan pada *virtual machine* pertama dan *virtual machine* lain dijalankan tanpa mengeksekusi aplikasi tersebut kemudian dihitung waktu eksekusi aplikasi tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.37

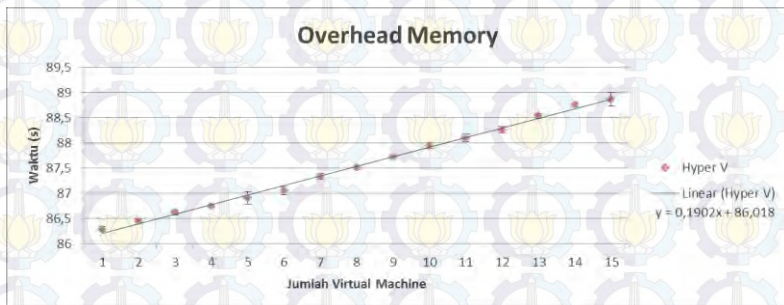


Gambar 4.37 *Overhead memory VMWare ESXi*

Terlihat pada Gambar 4.37 hasil pengukuran *overhead* dari *memory* dari masing-masing *virtual machine*. Data yang terukur bersifat linier, yaitu jalannya aplikasi tersebut semakin lambat dengan penambahan *virtual machine*

4.2.2.2 Hasil pengujian *overhead memory Hyper V*

Pengujian untuk *overhead* dari *memory* yang kedua juga dilakukan pada *hypervisor* hyper v, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.38

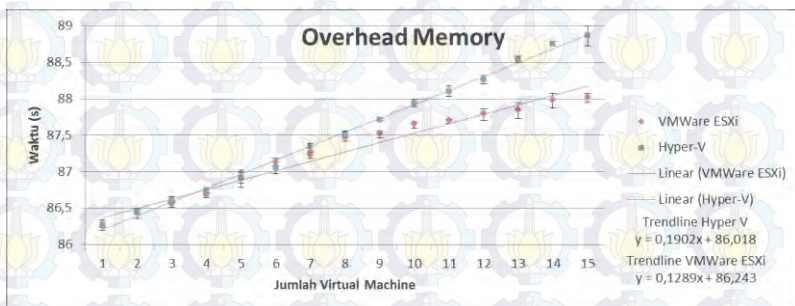


Gambar 4.38 *Overhead memory Hyper V*

Pengukuran waktu eksekusi aplikasi di setiap *virtual machine* dapat dilihat pada Gambar 4.38. Hampir sama dengan eksekusi aplikasi di vmware esxi, data juga bersifat linear dengan perbedaan waktu yang sedikit.

4.2.2.3 *Perbandingan hasil pengujian overhead memory VMWare ESXi dan Hyper V*

Setelah menguji *overhead* dari *memory* di masing-masing *hypervisor*, hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah membandingkan kedua hasil tersebut agar bisa diketahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.39



Gambar 4.39 *Perbandingan overhead memory*

Pada pengujian ini vmware esxi mempunyai waktu eksekusi aplikasi yang lebih cepat terutama ketika sudah memasuki *virtual*

machine ke 9 seperti yang terlihat pada Gambar 4.39. Dapat disimpulkan untuk kondisi *overhead* dari *memory* vmware esxi mempunyai kinerja yang lebih baik. Selanjutnya dapat diperbandingkan *overhead* dari *memory* antar 4 *hypervisor* seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Perbandingan *overhead* memory 4 *hypervisor*

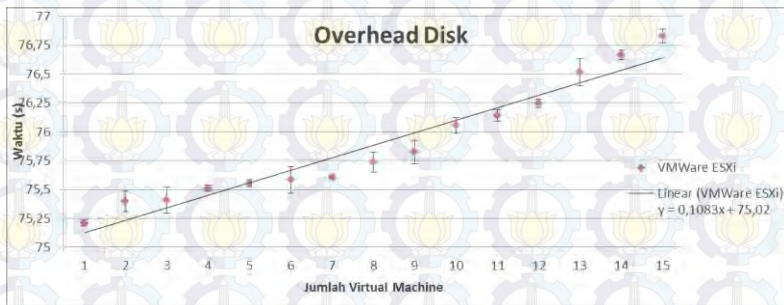
MEMORY	OVERHEAD				
	Jumlah	MEMORY Proxmox	MEMORY Openstack	MEMORY VMWare	MEMORY Hyper V
	1 VM	88,046	97,925	86,244	86,289
	2 VM	88,334	98,352	86,435	86,449
	3 VM	88,538	98,419	86,554	86,618
	4 VM	88,534	98,486	86,676	86,746
	5 VM	88,634	98,553	86,92	86,905
	6 VM	88,642	98,67	87,131	87,056
	7 VM	88,643	99,087	87,229	87,339
	8 VM	88,749	99,704	87,463	87,516
	9 VM	88,764	99,921	87,51	87,715
	10 VM	88,728	100,238	87,645	87,943
	11 VM	88,841	101,355	87,69	88,101
	12 VM	88,831	101,772	87,784	88,263
	13 VM	89,116	102,089	87,841	88,537
	14 VM	88,835	102,206	87,974	88,754
	15 VM	88,837	102,723	88,01	88,863
	Rata-rata	88,67146667	99,96666667	87,27373333	87,5396

4.2.3 Pengujian *overhead* disk

Pengujian *overhead* juga dilakukan terhadap *disk* dengan langkah-langkah yang sama seperti halnya pengujian CPU dan *memory*. Langkah pertama yaitu menjalankan aplikasi di satu *virtual machine*, lalu menjalankan *virtual machine* lain tanpa aplikasi kemudian diukur waktu eksekusi dari aplikasi tersebut. *Overhead* menandakan adanya waktu tambahan dari eksekusi aplikasi yang akan mengganggu performa dari *virtual machine* itu sendiri

4.2.3.1 Hasil pengujian *overhead* disk VMWare ESXi

Hypervisor yang pertama diuji *overhead* disk adalah vmware esxi, hasil pengukuran bisa dilihat pada Gambar 4.40

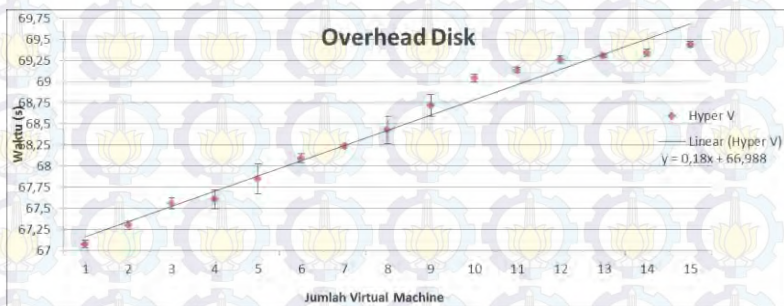


Gambar 4.40 *Overhead disk* VMWare ESXi

Berdasarkan hasil pengukuran, waktu pengukuran terlihat linear dengan penambahan *virtual machine*. Lamanya waktu eksekusi aplikasi berbanding lurus dengan jumlah *virtual machine* yang dihidupkan. Terlihat juga adanya variasi pengukuran yang ditandai dengan adanya deviasi pada Gambar 4.40

4.2.3.2 Hasil pengujian overhead disk Hyper V

Selanjutnya pengujian kedua *disk* diuji untuk *hypervisor* hyper v. hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.41

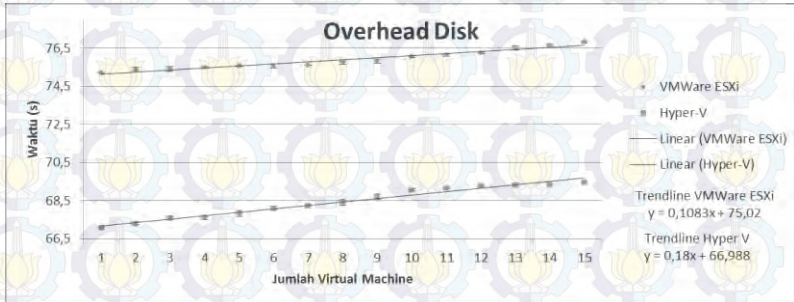


Gambar 4.41 *Overhead disk* Hyper V

Sama halnya pada Gambar 4.40, pada Gambar 4.41 juga mempunyai sifat yang *linear* yaitu semakin lama waktu untuk eksekusi aplikasi dengan penambahan *virtual machine*

4.2.3.3 Perbandingan hasil pengujian overhead disk VMWare ESXi dan Hyper v

Setelah mengukur masing-masing *overhead* dari *disk*, maka akan dibandingkan pada Gambar 4.42



Gambar 4.42 Perbandingan *overhead* disk

Perbedaan *overhead* disk juga dapat dilihat pada Gambar 4.42, perbedaannya cukup mencolok terdapat perbedaan ± 8 detik pada pengujian *overhead* yang diungguli oleh hyper v. Hal ini juga diperkuat oleh bagusny hasil pengujian *read* dan *write sequential disk* yang dilakukan sebelumnya. Selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.21 perbandingan *overhead* disk antar 4 *hypervisor* seperti yang tertera pada Tabel 4.21

Tabel 4.21 Perbandingan *overhead* disk 4 *hypervisor*

DISK	OVERHEAD				
	Jumlah	DISK Proxmox	DISK Openstack	DISK VMWare	DISK Hyper V
	1 VM	127,397	128,097	75,209	67,078
	2 VM	127,582	128,182	75,399	67,302
	3 VM	127,698	128,198	75,411	67,559
	4 VM	127,646	128,246	75,511	67,608
	5 VM	127,754	128,214	75,557	67,849
	6 VM	127,7911111	128,307	75,584	68,094
	7 VM	127,881	128,381	75,609	68,238
	8 VM	127,853	128,453	75,737	68,431
	9 VM	128,259	128,559	75,826	68,721
	10 VM	128,243	128,643	76,055	69,046
	11 VM	128,268	128,768	76,143	69,141
	12 VM	128,298	128,798	76,244	69,264
	13 VM	128,476	128,876	76,516	69,305
	14 VM	128,624	129,024	76,665	69,344
	15 VM	128,723	129,723	76,829	69,441
	Rata-rata	128,0328741	128,5646	75,88633333	68,42806667

4.3 Pengujian *Linearity*

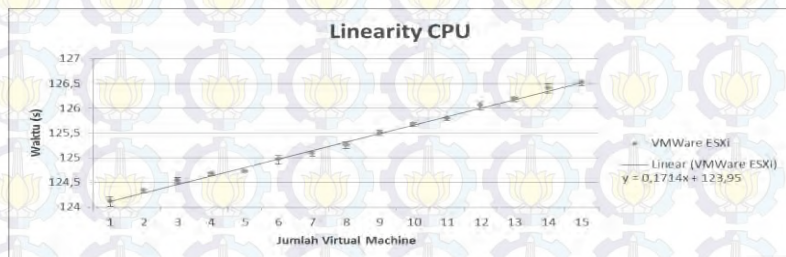
Pentingnya mengukur waktu *linearity* karena ketika sebuah *virtual machine* mengeksekusi aplikasi dan mempunyai kinerja yang berat akan mempengaruhi kinerja *virtual machine* lain yang berada dalam *server* yang sama sehingga menurunkan performa virtualisasi secara keseluruhan. Pada pengujian *linearity*, aplikasi yang sama dijalankan di 15 *virtual machine* bersamaan lalu diukur waktu yang dibutuhkan aplikasi tersebut untuk mengeksekusi semua parameter pengujian. Seperti halnya *overhead*, akan diuji 3 parameter (CPU, *memory* dan *disk*) pada 15 *virtual machine* dan setiap *virtual machine* akan diuji 10 kali dengan 2 *hypervisor*, total pengujian pada *linearity* sebanyak $3 \times 15 \times 10 \times 2 = 900$ kali pengujian.

4.3.1 Pengujian *linearity* CPU

Setelah menguji *overhead* yang hanya menguji di satu *virtual machine*, dan tidak menjalankan aplikasi tersebut di semua *virtual machine* saatnya menguji *linearity* dengan cara menjalankan aplikasi di semua *virtual machine* lalu diukur waktu eksekusi aplikasi yang terjadi pada *virtual machine*. Fungsi pengukuran *linearity* adalah untuk mengukur seberapa besar beban yang terjadi ketika semua *virtual machine* diberikan beban kerja yang sama. Secara teori, hasil *linearity* seharusnya lebih besar dari *overhead* karena *server* mempunyai beban kerja yang lebih besar.

4.3.1.1 Hasil pengujian *linearity* CPU VMWare ESXi

Pengujian pertama untuk *linearity* dilakukan terhadap VMWare ESXi untuk mengetahui besarnya *linearity* dari CPU, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.43

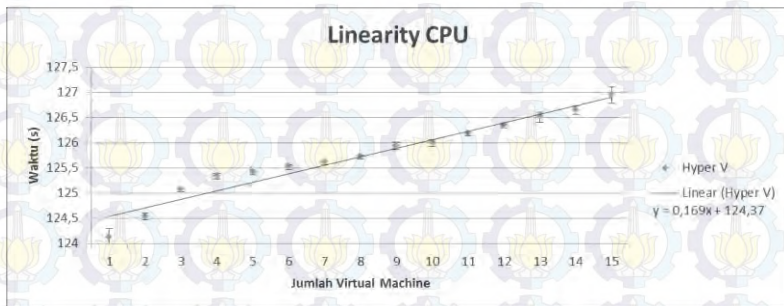


Gambar 4.43 *Linearity* CPU VMWare ESXi

Pada pengujian ini waktu eksekusi dari aplikasi bersifat linier, semakin banyak jumlah *virtual machine* maka semakin lama eksekusi aplikasinya dengan perbedaan waktu yang tidak terlalu jauh. Bila dibandingkan dengan *overhead*, maka *linearity* CPU tidak terlalu jauh karena aplikasi yang digunakan tidak membutuhkan komputasi CPU yang besar

4.3.1.2 Hasil pengujian linearity CPU Hyper v

Pengujian kedua *linearity* dilakukan terhadap Hyper V untuk mengetahui besarnya *linearity* dari CPU, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.44

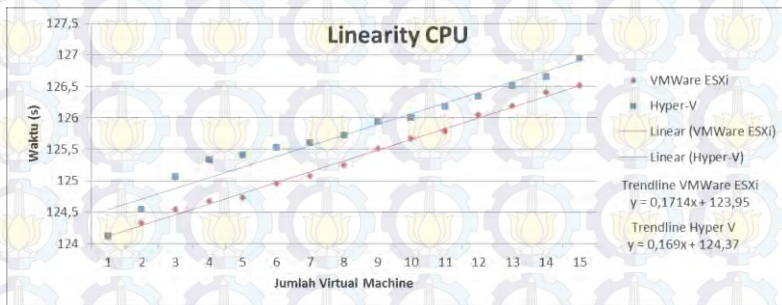


Gambar 4.44 Linearity CPU Hyper V

Pengukuran waktu eksekusi aplikasi di setiap *virtual machine* dapat dilihat pada Gambar 4.44. Hampir sama dengan eksekusi aplikasi di vmware esxi, data juga bersifat linear dengan perbedaan waktu yang sedikit.

4.3.1.3 Perbandingan hasil pengujian linearity CPU VMWare ESXi dan Hyper V

Perbandingan *linearity* CPU dilakukan antara vmware dengan hyper v berdasarkan data yang sudah didapatkan dan dapat dilihat di Gambar 4.35



Gambar 4.45 Perbandingan *linearity* CPU

Pada grafik diatas, maksimal waktu yang terukur sekitar ± 127 detik tidak ada perbedaan mencolok bila dibandingkan dengan *overhead* CPU. Hal ini dikarenakan aplikasi yang dijalankan tidak terlalu membutuhkan kinerja CPU yang terlalu berat. Selanjutnya dapat diperbandingkan pengujian *linearity* CPU antar 4 *hypervisor* seperti yang terlihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Perbandingan *linearity* CPU 4 *hypervisor*

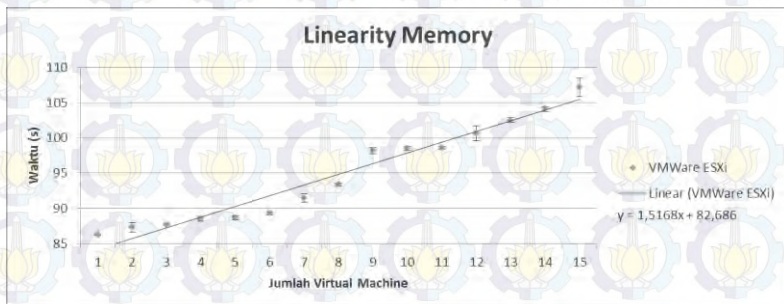
	LINEARITY				
	Jumlah	CPU Proxmox	CPU Openstack	CPU VMWare	CPU Hyper V
CPU	1 VM	125,049	125,717	124,114	124,118
	2 VM	125,133	125,893	124,324	124,542
	3 VM	125,234	125,801	124,538	125,063
	4 VM	125,308	125,957	124,668	125,337
	5 VM	125,341	126,104	124,724	125,41
	6 VM	125,543	126,523	124,957	125,522
	7 VM	125,688	126,842	125,077	125,605
	8 VM	125,977	126,961	125,248	125,722
	9 VM	126,187	127,08	125,5	125,938
	10 VM	126,34	127,399	125,672	126,004
	11 VM	126,337	127,618	125,781	126,178
	12 VM	126,327	127,846	126,048	126,337
	13 VM	126,324	128,074	126,182	126,512
	14 VM	126,401	128,302	126,4	126,651
	15 VM	126,553	128,53	126,51	126,949
	Rata-rata	125,8494667	126,9764667	125,3162	125,725867

4.3.2 Pengujian *linearity memory*

Selain pengujian *linearity* dari CPU, dilakukan juga pengujian *linearity* dari *memory* bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jumlah *virtual machine* dan *memory* dengan waktu eksekusi dari aplikasi. Pengujian *linearity memory* sangat penting karena pada sebuah server akan banyak menjalankan aplikasi yang sangat penting pada *data center*, aplikasi akan terhambat bila *memory* yang dibutuhkan oleh aplikasi tersebut kurang di dalam *server*, dan tidak mengurangi kemungkinan aplikasi akan *crash* karena kekurangan *memory* yang dibutuhkan dan kehilangan data yang sedang dieksekusi oleh aplikasi yang berada di *server* tersebut

4.3.2.1 Hasil pengujian *linearity memory VMWare ESXi*

Pengujian pertama *linearity* dari *memory* yaitu pengujian vmware esxi. Aplikasi dijalankan pada *virtual machine* pertama dan *virtual machine* lain dijalankan bersama-sama kemudian dihitung waktu eksekusi aplikasi tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.46

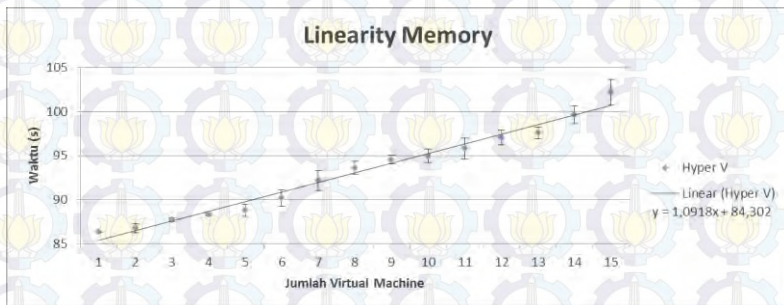


Gambar 4.46 *Linearity memory VMWare ESXi*

Terlihat pada Gambar 4.46 hasil pengukuran *linearity* dari *memory* dari masing-masing *virtual machine*. Data yang terukur bersifat linier dan berbanding lurus, yaitu waktu berjalannya aplikasi tersebut semakin lambat dengan penambahan *virtual machine* dari satu *virtual machine* sampai ke 15 *virtual machine*

4.3.2.2 Hasil pengujian *linearity memory Hyper V*

Pengujian untuk *linearity* dari *memory* yang kedua juga dilakukan pada *hypervisor* hyper v, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.47

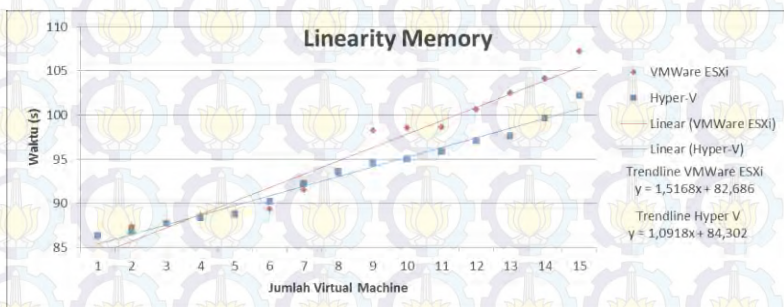


Gambar 4.47 *Linearity memory Hyper V*

Pengukuran waktu eksekusi aplikasi di setiap *virtual machine* dapat dilihat pada Gambar 4.37. Hampir sama dengan eksekusi aplikasi di *vmware esxi*, data juga bersifat linear. Namun bila dibandingkan dengan *overhead* hyper v, eksekusi aplikasi ketika *linearity* jauh lebih lambat

4.3.2.3 *Perbandingan hasil pengujian linearity memory VMWare ESXi dan Hyper V*

Setelah menguji *overhead* dari *memory* di masing-masing *hypervisor*, hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah membandingkan kedua hasil tersebut agar bisa diketahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.48



Gambar 4.48 *Perbandingan linearity memory*

Terdapat perbedaan besar ketika menjalankan aplikasi di setiap *virtual machine* yang ditandai oleh meningkatnya waktu aplikasi yang berjalan. Hal ini terjadi karena aplikasi yang dijalankan sangat membutuhkan *memory* untuk berjalan sehingga waktu berjalannya aplikasi tersebut menjadi lebih lama. Berbeda dengan pengujian *overhead memory* ketika *vmware esxi* lebih unggul, dalam pengujian *linearity memory* *hyper v* lebih unggul. Selanjutnya pada Tabel 4.23 dapat dilihat perbandingan *linearity memory* antar 4 *hypervisor*: *proxmox*, *openstack*, *vmware* dan *hyper v*

Tabel 4.23 Perbandingan *linearity memory* 4 *hypervisor*

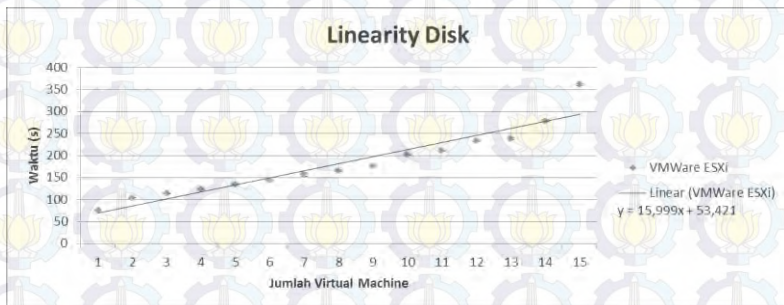
MEMORY	LINEARITY				
	Jumlah	MEMORY Proxmox	MEMORY Openstack	MEMORY VMWare	MEMORY Hyper V
	1 VM	88,03	97,865	86,244	86,289
	2 VM	89,150375	98,798	87,301	86,752
	3 VM	91,945	99,296	87,71	87,704
	4 VM	92,7225	100,294	88,537	88,329
	5 VM	94,2475	101,492	88,641	88,79
	6 VM	95,98375	105,69	89,302	90,188
	7 VM	100,09	107,012	91,464	92,163
	8 VM	100,92875	109,734	93,362	93,616
	9 VM	101,7625	111,456	98,19555556	94,539
	10 VM	101,54875	112,978	98,568	94,943
	11 VM	102,11	115,385	98,58333333	95,789
	12 VM	102,2975	117,492	100,633	97,03
	13 VM	102,9275	121,599	102,508	97,573
	14 VM	103,26375	122,677	104,085	99,636
	15 VM	104,86625	124,413	107,177	102,199
	Rata-rata	98,12494167	109,7454	94,82072593	93,036

4.3.3 Pengujian *linearity disk*

Pengujian *linearity* juga dilakukan terhadap *disk* dengan langkah-langkah yang sama seperti halnya pengujian CPU dan *memory*. Pengujian *linearity disk* sangat penting karena semua aplikasi pada *virtual machine* akan dijalankan pada *disk* yang sama sehingga memungkinkan *disk* tersebut bekerja lebih keras dan membuat aplikasi yang berjalan didalamnya menjadi lebih lambat sehingga diperlukan suatu pengukuran untuk hal tersebut

4.3.3.1 Hasil pengujian *linearity disk* VMWare ESXi

Hypervisor yang pertama diuji *linearity disk* adalah *vmware esxi*, hasil pengukuran bisa dilihat pada Gambar 4.49

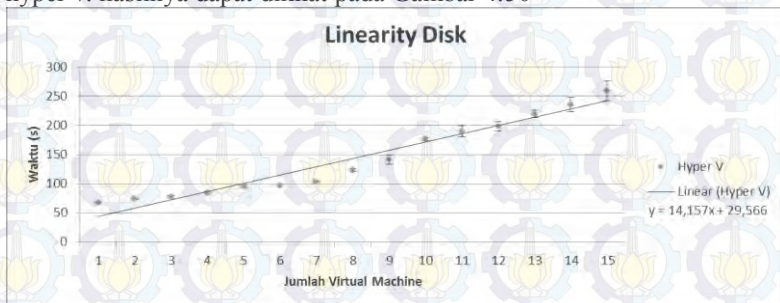


Gambar 4.49 *Linearity disk* VMWare ESXi

Berdasarkan hasil pengukuran, waktu pengukuran terlihat linear dengan penambahan *virtual machine*. Lamanya waktu eksekusi aplikasi berbanding lurus dengan jumlah *virtual machine*. Berdasarkan hasil pengukuran, data pada *virtual machine* ke 15 mulai naik ke atas seolah-olah bukan menjadi fungsi linear lagi, melainkan menjadi fungsi eksponensial

4.3.3.2 Hasil pengujian *linearity disk* Hyper V

Selanjutnya pengujian kedua *linearity disk* diuji untuk *hypervisor* hyper v. hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.50

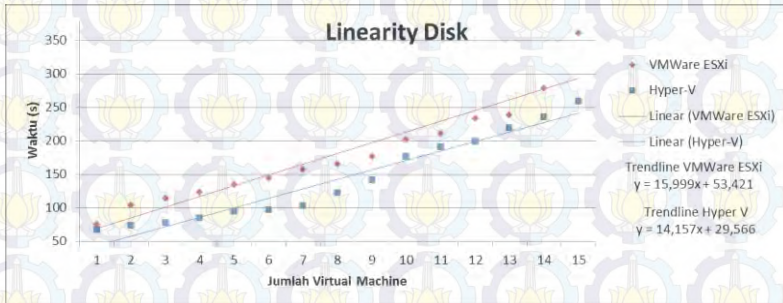


Gambar 4.50 *Linearity disk* Hyper V

Sama halnya pada Gambar 4.49, pada Gambar 4.50 juga mempunyai sifat yang linear yaitu semakin lama waktu untuk eksekusi aplikasi dengan penambahan *virtual machine*. Namun untuk *virtual machine* ke 15 tetap terindikasi linear, berbeda dengan vmware esxi yang cenderung ke arah eksponensial

4.3.3.3 Perbandingan hasil pengujian linearity disk VMWare ESXi dan Hyper V

Setelah menguji *overhead* dan *linearity* di masing-masing *hypervisor*, hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah membandingkan kedua hasil tersebut agar bisa diketahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.51



Gambar 4.51 Perbandingan *linearity disk*

Pada pengujian diatas, perbedaannya sangat jauh antara *overhead* dan *linearity disk*. Menjalankan aplikasi yang mengeksekusi *sequential read* dan *sequential write* telah membuat *disk* bekerja lebih keras yang berimbas pada lamanya waktu eksekusi aplikasi tersebut. Selanjutnya adalah perbandingan *linearity disk* dari *hypervisor* lain seperti yang terlihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.24 Perbandingan *linearity disk 4 hypervisor*

DISK	LINEARITY			
	Jumlah	DISK Proxmox	DISK Openstack	DISK VMWare
	1 VM	134,969	334,691	75,209
	2 VM	168,921	352,7	103,87
	3 VM	179,148	366,466	113,882
	4 VM	194,458	373,975	123,654
	5 VM	246,559	394,184	134,898
	6 VM	380,478	422,897	144,449
	7 VM	419,524	453,61	157,099
	8 VM	449,057	497,323	165,204
	9 VM	508,197	508,197	176,738
	10 VM	532,518	532,518	202,468
	11 VM	536,575	571,039	211,548
	12 VM	572,307	619,46	233,702
	13 VM	591,535	654,923	238,701
	14 VM	623,917	670,386	278,895
	15 VM	661,404	699,849	360,872
	Rata-rata	413,304667	496,8145333	181,4126

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan dan implementasi virtualisasi *server* menggunakan VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk hasil pengujian CPU, kinerja VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V dengan presentase sebesar 12,5 % untuk parameter *integer math*, kinerja VMWare ESXi juga lebih baik dari Hyper V dengan presentase sebesar 18,43% untuk parameter *floating point math*, sedangkan untuk parameter *prime number* VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V dengan presentase 10%, kinerja VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V sebesar 15,93% untuk parameter *extended instructions*, untuk parameter *compression* kinerja VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V dengan presentase 18,93%, kinerja VMWare ESXi lebih baik dari Hyper V dengan presentase 15,53% untuk parameter *encryption*, sedangkan untuk parameter *physics* kinerja VMWare ESXi lebih baik dengan presentase 14,25% daripada Hyper V, kinerja VMWare ESXi lebih baik untuk parameter *sorting* dengan presentase 10,08%, sedangkan untuk parameter *single threaded* kinerja VMWare ESXi lebih baik dari sebesar 5,4% daripada kinerja Hyper V
2. Untuk pengujian *memory* Hyper V lebih baik pada parameter *database operations* sebesar 1,82% bila dibandingkan dengan VMWare ESXi, kinerja VMWare ESXi lebih baik daripada Hyper V pada parameter *read cached* dengan presentase 0,32%, untuk parameter *read uncached* kinerja Hyper V lebih baik sebesar 1,33% dibanding VMWare ESXi, kinerja Hyper V juga lebih baik daripada VMWare ESXi untuk parameter *write* sebesar 16,17%, sedangkan untuk parameter ketersediaan RAM VMWare ESXi lebih banyak sebesar 15,39% daripada Hyper V, untuk kinerja Hyper V pada parameter *latency* lebih baik dari VMWare ESXi dengan presentase 3,20%, bila dibandingkan kinerja untuk parameter *threaded* maka VMWare ESXi lebih unggul sebesar 5,75% dari Hyper V
3. Untuk pengujian *disk* Hyper V lebih baik daripada VMWare ESXi untuk parameter *sequential read* dengan presentase sebesar 107,41% dan *sequential write* dengan presentase sebesar 88,96%

atau dalam angka *sequential read* sebesar 198,7 MBytes/detik sedangkan VMWare 95,8 Mbytes/detik. Untuk parameter *sequential write* Hyper V sebesar 131,9 MBytes/detik sedangkan VMWare sebesar 69,8 MBytes/detik

4. Untuk pengujian *network* Hyper v dan VMWare ESXi dengan rata-rata perbedaan *throughput* pada 1 *client* sebesar 7,26% untuk 2 *client* sebesar 2,11%, untuk 3 *client* sebesar 3,19% untuk 4 *client* sebesar 1,68% dan untuk 5 *client* sebesar 17,88%
5. Untuk pengujian *overhead* dan *linearity* CPU, *memory* dan *disk* dari VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V, hasil yang didapatkan mempunyai fungsi linear yaitu semakin banyak jumlah *virtual machine* yang dijalankan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan aplikasi

5.2 Saran

Adapun hal-hal yang bisa dikembangkan dari virtualisasi *server* ini adalah :

1. Pengimplementasian *web server*, *sql server*, *file server* atau *mail server* pada *virtual machine* di VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V
2. Pengembangan untuk saling bertukar data antar VM di VMWare ESXi dan Microsoft Hyper V

LAMPIRAN A: LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL

Jurusan Teknik Elektro – FTI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa
Noirer Pokok
Bidang Studi
Tugas Diberikan
Dosen Pembimbing

: Danar Pertasi Hidayat
: 2213106006
: Teknik Telekomunikasi dan Multimedia
: Semester Gasal 2015/2016

1. Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
2. Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

Judul Tugas Akhir

: Implementasi dan analisa perbandingan kinerja virtualisasi server menggunakan VMWARE ESXi dan Microsoft Hyper-V
(Implementation and comparative analysis server virtualization performance using VMWARE ESXi and Microsoft Hyper-V)

Uraian Tugas Akhir :

Virtualisasi membagi sumber daya fisik dari server (*host*) seperti *memory*, *disk space* dan *CPU power* ke beberapa server virtual (*guest*). Virtualisasi server membuat "lingkungan virtual" yang memungkinkan beberapa aplikasi atau beban kerja server untuk berjalan dalam satu server yang sama. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan kinerja dari dua *hypervisor* yang berbeda yaitu VMWare ESXi dan Microsoft Hyper-V dengan parameter yang diukur yaitu *overhead*, *linearitas*, kinerja CPU, kinerja *memory*, kecepatan *read* dan *write disk*, *throughput* dan *packet loss*. Metode yang digunakan adalah dengan cara menjalankan *guest operating system* dan *hardware resource* yang sama di masing-masing *hypervisor* dan menjalankan *software passmark*, IOMeter dan netperf untuk menguji parameter-parameter tersebut. Hasil yang didapatkan dari satu *hypervisor* kemudian dibandingkan dengan *hypervisor* yang lain lalu dianalisa dan diambil kesimpulan untuk mengetahui kinerja *hypervisor* mana yang lebih baik.

Dosen Pembimbing 1,

Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
NIP. 196510141990021001

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI – ITS
Ketua,

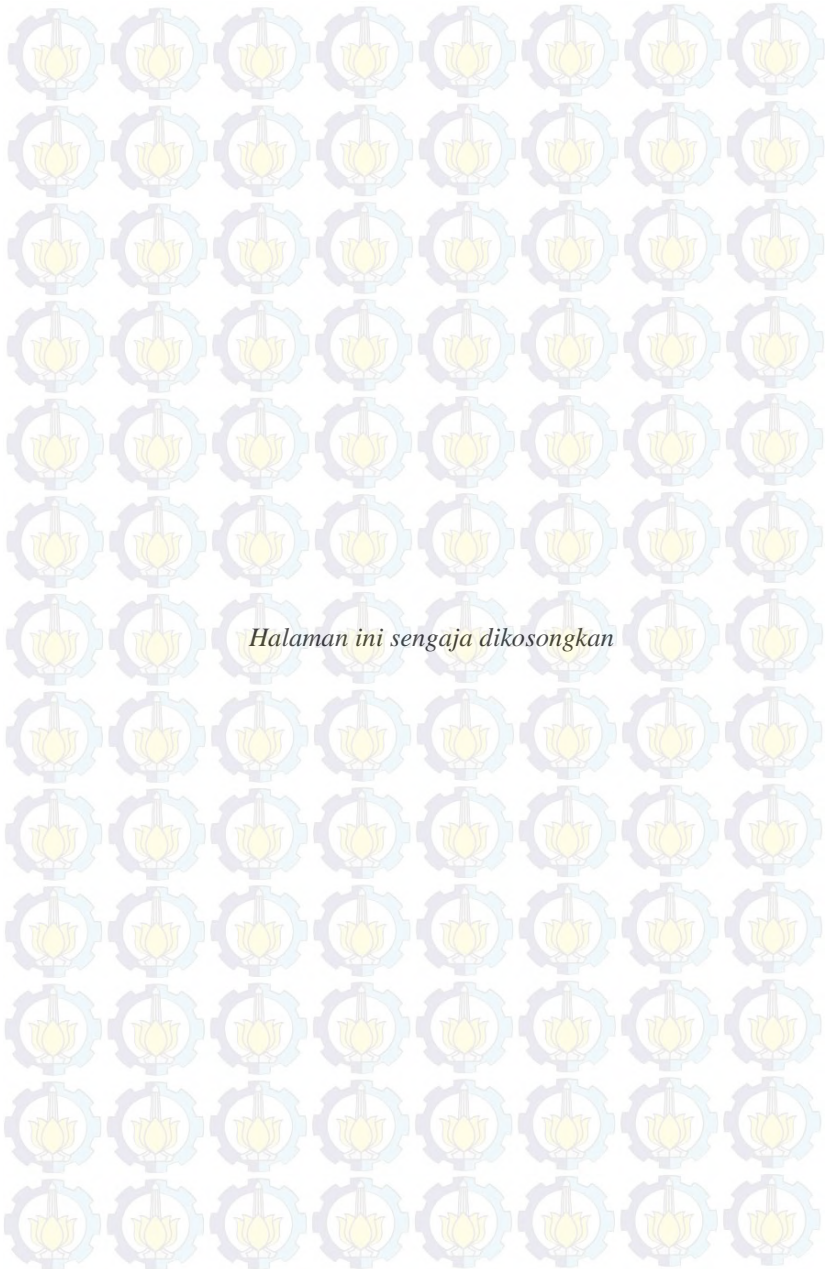
Dr. Ir. Ariel Sardiono, ST., MT.
NIP. 197002121995121001

Dosen Pembimbing 2

Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
NIP. 195904281986011001

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Koordinator,

Dr. Ir. Endrovanjo, DEA
NIP. 196504041991021001



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B: HASIL PENGUKURAN CPU

Hyper V CPU Integer Math		VMWare ESXi CPU Integer Math	
Percobaan 1	1519	Percobaan 1	1710
Percobaan 2	1517,2	Percobaan 2	1710
Percobaan 3	1519	Percobaan 3	1710
Percobaan 4	1518,9	Percobaan 4	1710
Percobaan 5	1517,8	Percobaan 5	1708
Percobaan 6	1517,1	Percobaan 6	1710
Percobaan 7	1517,6	Percobaan 7	1708
Percobaan 8	1518,8	Percobaan 8	1708
Percobaan 9	1517,5	Percobaan 9	1709
Percobaan 10	1518,1	Percobaan 10	1708
rata-rata	1518,1 juta operasi perhitungan/detik	rata-rata	1709,1 juta operasi perhitungan/detik

Hyper V CPU Floating Point Math		VMWare ESXi CPU Floating Point Math	
Percobaan 1	847,2	Percobaan 1	1002
Percobaan 2	846,5	Percobaan 2	1001
Percobaan 3	847,7	Percobaan 3	1002
Percobaan 4	847,8	Percobaan 4	1002
Percobaan 5	847,1	Percobaan 5	1002
Percobaan 6	846,3	Percobaan 6	1003
Percobaan 7	847,7	Percobaan 7	1002
Percobaan 8	846,4	Percobaan 8	1003
Percobaan 9	847,8	Percobaan 9	1003
Percobaan 10	846,5	Percobaan 10	1001
rata-rata	847,1 juta operasi perhitungan/detik	rata-rata	1002,1 juta operasi perhitungan/detik

Hyper V CPU Prime Numbers		VMWare ESXi CPU Prime Numbers	
Percobaan 1	5,9	Percobaan 1	6,2
Percobaan 2	5,1	Percobaan 2	6,4
Percobaan 3	6,8	Percobaan 3	6,9
Percobaan 4	6,7	Percobaan 4	7
Percobaan 5	5,6	Percobaan 5	6,6
Percobaan 6	6,2	Percobaan 6	6,3
Percobaan 7	6,4	Percobaan 7	7
Percobaan 8	5,7	Percobaan 8	7
Percobaan 9	6,3	Percobaan 9	6,5
Percobaan 10	5,3	Percobaan 10	6,1
rata-rata	6 juta bilangan prima/detik	rata-rata	6,6 bilangan prima/detik

Hyper V CPU Extended Instructions		VMWare ESXi CPU Extended Instructions	
Percobaan 1	1,83	Percobaan 1	2,12
Percobaan 2	1,83	Percobaan 2	2,11
Percobaan 3	1,82	Percobaan 3	2,12
Percobaan 4	1,81	Percobaan 4	2,11
Percobaan 5	1,81	Percobaan 5	2,12
Percobaan 6	1,83	Percobaan 6	2,1
Percobaan 7	1,81	Percobaan 7	2,11
Percobaan 8	1,83	Percobaan 8	2,1
Percobaan 9	1,81	Percobaan 9	2,11
Percobaan 10	1,82	Percobaan 10	2,1
rata-rata	1,82 juta matriks/detik	rata-rata	2,11 juta matriks/detik

Hyper V CPU Compression		VMWare ESXi CPU Compression	
Percobaan 1	1348	Percobaan 1	1601
Percobaan 2	1346	Percobaan 2	1603
Percobaan 3	1347	Percobaan 3	1603
Percobaan 4	1348	Percobaan 4	1603
Percobaan 5	1348	Percobaan 5	1602
Percobaan 6	1347	Percobaan 6	1601
Percobaan 7	1347	Percobaan 7	1601
Percobaan 8	1346	Percobaan 8	1603
Percobaan 9	1347	Percobaan 9	1601
Percobaan 10	1346	Percobaan 10	1602
rata-rata	1347 KBytes/detik	rata-rata	1602 KBytes/detik

Hyper V CPU Encryption		VMWare ESXi CPU Encryption	
Percobaan 1	210,4	Percobaan 1	242,5
Percobaan 2	210,2	Percobaan 2	242,4
Percobaan 3	210,3	Percobaan 3	242,5
Percobaan 4	209,1	Percobaan 4	242,4
Percobaan 5	210,1	Percobaan 5	242,3
Percobaan 6	208,2	Percobaan 6	242,4
Percobaan 7	210,9	Percobaan 7	242,3
Percobaan 8	209	Percobaan 8	242,4
Percobaan 9	210,7	Percobaan 9	242,5
Percobaan 10	209,9	Percobaan 10	242,3
rata-rata	209,88 MBytes/detik	rata-rata	242,4 MBytes/detik

Hyper V CPU Physics		VMWare ESXi CPU Physics	
Percobaan 1	85,1	Percobaan 1	97
Percobaan 2	83,2	Percobaan 2	97
Percobaan 3	84,9	Percobaan 3	97,1
Percobaan 4	85,6	Percobaan 4	97,1
Percobaan 5	84,3	Percobaan 5	96,9
Percobaan 6	84,7	Percobaan 6	97,1
Percobaan 7	84,1	Percobaan 7	96,9
Percobaan 8	85,9	Percobaan 8	97
Percobaan 9	85,4	Percobaan 9	96,9
Percobaan 10	85,8	Percobaan 10	97
rata-rata	84,9 frame/detik	rata-rata	97 frame/detik

Hyper V CPU Sorting		VMWare ESXi CPU Sorting	
Percobaan 1	743	Percobaan 1	819
Percobaan 2	743	Percobaan 2	819
Percobaan 3	745	Percobaan 3	818
Percobaan 4	745	Percobaan 4	819
Percobaan 5	744	Percobaan 5	819
Percobaan 6	744	Percobaan 6	820
Percobaan 7	743	Percobaan 7	818
Percobaan 8	744	Percobaan 8	820
Percobaan 9	745	Percobaan 9	820
Percobaan 10	744	Percobaan 10	818
rata-rata	744 ribu string/detik	rata-rata	819 ribu string/detik

Hyper V CPU Single Threaded		VMWare ESXi CPU Single Threaded	
Percobaan 1	1109	Percobaan 1	1169
Percobaan 2	1110	Percobaan 2	1171
Percobaan 3	1111	Percobaan 3	1170
Percobaan 4	1111	Percobaan 4	1170
Percobaan 5	1109	Percobaan 5	1169
Percobaan 6	1111	Percobaan 6	1169
Percobaan 7	1109	Percobaan 7	1171
Percobaan 8	1110	Percobaan 8	1169
Percobaan 9	1111	Percobaan 9	1171
Percobaan 10	1109	Percobaan 10	1171
rata-rata	1110 juta operasi/detik	rata-rata	1170 juta operasi/detik

LAMPIRAN C: HASIL PENGUKURAN MEMORY

Hyper V Memory Database Operation		VMWare ESXi Memory Database Operation	
Percobaan 1	50,4	Percobaan 1	49,3
Percobaan 2	50,2	Percobaan 2	49,5
Percobaan 3	50,4	Percobaan 3	49,4
Percobaan 4	50,2	Percobaan 4	49,3
Percobaan 5	50,2	Percobaan 5	49,6
Percobaan 6	50,4	Percobaan 6	49,4
Percobaan 7	50,3	Percobaan 7	49,4
Percobaan 8	50,4	Percobaan 8	49,5
Percobaan 9	50,3	Percobaan 9	49,3
Percobaan 10	50,2	Percobaan 10	49,3
rata-rata	50,3 operasi/detik	rata-rata	49,4 operasi/detik

Hyper V Memory Read Cached		VMWare ESXi Memory Read Cached	
Percobaan 1	11010	Percobaan 1	11047
Percobaan 2	11009	Percobaan 2	11046
Percobaan 3	11011	Percobaan 3	11045
Percobaan 4	11011	Percobaan 4	11045
Percobaan 5	11009	Percobaan 5	11046
Percobaan 6	11010	Percobaan 6	11046
Percobaan 7	11010	Percobaan 7	11047
Percobaan 8	11011	Percobaan 8	11046
Percobaan 9	11009	Percobaan 9	11047
Percobaan 10	11010	Percobaan 10	11045
rata-rata	11010 MBytes/detik	rata-rata	11046 MBytes/detik

Hyper V Memory Read Uncached		VMWare ESXi Memory Read Uncached	
Percobaan 1	7643	Percobaan 1	7542
Percobaan 2	7644	Percobaan 2	7542
Percobaan 3	7644	Percobaan 3	7544
Percobaan 4	7645	Percobaan 4	7542
Percobaan 5	7645	Percobaan 5	7543
Percobaan 6	7644	Percobaan 6	7544
Percobaan 7	7643	Percobaan 7	7542
Percobaan 8	7644	Percobaan 8	7543
Percobaan 9	7645	Percobaan 9	7544
Percobaan 10	7643	Percobaan 10	7544
rata-rata	7644 MBytes/detik	rata-rata	7543 MBytes/detik

Hyper V Memory Write		VMWare ESXi Memory Write	
Percobaan 1	7178	Percobaan 1	6177
Percobaan 2	7176	Percobaan 2	6178
Percobaan 3	7178	Percobaan 3	6178
Percobaan 4	7176	Percobaan 4	6177
Percobaan 5	7176	Percobaan 5	6179
Percobaan 6	7177	Percobaan 6	6179
Percobaan 7	7177	Percobaan 7	6177
Percobaan 8	7177	Percobaan 8	6179
Percobaan 9	7177	Percobaan 9	6178
Percobaan 10	7178	Percobaan 10	6178
rata-rata	7177 MBytes/detik	rata-rata	6178 MBytes/detik

Hyper V Memory Available RAM		VMWare ESXi Memory Available RAM	
Percobaan 1	411,2	Percobaan 1	474,6
Percobaan 2	411,3	Percobaan 2	474,4
Percobaan 3	411,2	Percobaan 3	474,6
Percobaan 4	411,2	Percobaan 4	474,5
Percobaan 5	411,2	Percobaan 5	474,4
Percobaan 6	411,1	Percobaan 6	474,5
Percobaan 7	411,1	Percobaan 7	474,6
Percobaan 8	411,2	Percobaan 8	474,4
Percobaan 9	411,2	Percobaan 9	474,6
Percobaan 10	411,3	Percobaan 10	474,4
rata-rata	411,2 MBytes	rata-rata	474,5 MBytes

Hyper V Memory Latency		VMWare ESXi Memory Latency	
Percobaan 1	32,5	Percobaan 1	33,8
Percobaan 2	32,5	Percobaan 2	33,7
Percobaan 3	32,5	Percobaan 3	33,6
Percobaan 4	32,7	Percobaan 4	33,6
Percobaan 5	32,7	Percobaan 5	33,8
Percobaan 6	32,7	Percobaan 6	33,6
Percobaan 7	32,5	Percobaan 7	33,7
Percobaan 8	32,6	Percobaan 8	33,6
Percobaan 9	32,6	Percobaan 9	33,8
Percobaan 10	32,7	Percobaan 10	33,8
rata-rata	32,6x(10 ⁻⁹ detik)	rata-rata	33,7 x(10 ⁻⁹) detik

Hyper V Memory Threaded		VMWare ESXi Memory Threaded	
Percobaan 1	7685	Percobaan 1	8129
Percobaan 2	7685	Percobaan 2	8127
Percobaan 3	7685	Percobaan 3	8128
Percobaan 4	7685	Percobaan 4	8128
Percobaan 5	7687	Percobaan 5	8127
Percobaan 6	7686	Percobaan 6	8127
Percobaan 7	7687	Percobaan 7	8127
Percobaan 8	7686	Percobaan 8	8129
Percobaan 9	7687	Percobaan 9	8129
Percobaan 10	7687	Percobaan 10	8129
rata-rata	7686 MBytes/detik	rata-rata	8128 MBytes/detik

LAMPIRAN D: HASIL PENGUKURAN DISK

Hyper V Sequential Read		VMWare ESXi Sequential Read	
Percobaan 1	198,8	Percobaan 1	95,8
Percobaan 2	198,8	Percobaan 2	95,8
Percobaan 3	198,6	Percobaan 3	95,9
Percobaan 4	198,8	Percobaan 4	95,8
Percobaan 5	198,6	Percobaan 5	95,8
Percobaan 6	198,8	Percobaan 6	95,7
Percobaan 7	198,7	Percobaan 7	95,9
Percobaan 8	198,7	Percobaan 8	95,7
Percobaan 9	198,6	Percobaan 9	95,7
Percobaan 10	198,6	Percobaan 10	95,9
rata-rata	198,7 MBytes/detik	rata-rata	95,8 MBytes/detik

Hyper V Sequential Write		VMWare ESXi Sequential Write	
Percobaan 1	131,8	Percobaan 1	69,9
Percobaan 2	131,9	Percobaan 2	69,7
Percobaan 3	131,8	Percobaan 3	69,8
Percobaan 4	131,8	Percobaan 4	69,7
Percobaan 5	132	Percobaan 5	69,9
Percobaan 6	132	Percobaan 6	69,9
Percobaan 7	131,8	Percobaan 7	69,8
Percobaan 8	131,9	Percobaan 8	69,8
Percobaan 9	132	Percobaan 9	69,8
Percobaan 10	132	Percobaan 10	69,7
rata-rata	131,9 MBytes/detik	rata-rata	69,8 MBytes/detik

LAMPIRAN E: HASIL PENGUKURAN NETWORK Throughput (mbps) :

Client 1 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
VM 1	86	89,1	86,8	89,7	85,6	87,44	1,853
VM 2	84,5	83	81,7	81,1	81	82,26	1,484
VM 3	86,6	78,3	79,7	81,5	84,7	82,16	3,448
VM 4	79,7	82,7	78,8	78,2	80,9	80,06	1,792
VM 5	75,8	78,8	74,7	74,5	79,7	76,7	2,401
VM 6	80,4	75,9	75,6	80,4	75,2	77,5	2,659
VM 7	75	75,2	75,3	76,2	75,2	75,38	0,471
VM 8	75,8	73,4	72,3	70,3	76,8	73,72	2,628
VM 9	70,9	69	69,3	72,1	70,6	70,38	1,26
VM 10	72,5	73,9	67,9	68,1	71,3	70,74	2,666
VM 11	67,8	67	67,3	73,9	74,6	70,12	3,789
VM 12	65,2	70,3	65,1	72,2	65,5	67,66	3,349
VM 13	68,4	67,9	73,1	67,6	64,3	68,26	3,15
VM 14	65	65,4	65,3	70,8	71,9	67,68	3,376
VM 15	65,3	64,5	65,6	65,1	70,4	66,18	2,393

Client 2 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
VM 1	67,8	67,5	66,3	67,9	67,6	67,42	0,646
VM 2	65,5	64,3	64,2	65,7	65,9	65,12	0,807
VM 3	63,6	63,8	63,1	63,9	63,8	63,64	0,321
VM 4	63	63	63	62,8	62,2	62,8	0,346
VM 5	61,5	61,7	61,9	61,8	62	61,78	0,192
VM 6	61	61,7	60,3	61	60,1	60,82	0,638
VM 7	61,5	61,2	61,2	61,9	61,5	61,46	0,288
VM 8	60,8	61	60,8	60,1	60,9	60,72	0,356
VM 9	61	59,2	59,8	60,5	59,8	60,06	0,699
VM 10	59,1	60	60	58,8	58,9	59,36	0,594
VM 11	59,9	59,6	59,1	59,9	59,9	59,68	0,349
VM 12	58,1	58,6	58,5	58,2	58,2	58,32	0,217
VM 13	57,6	57,8	58	57,5	57,4	57,66	0,241
VM 14	57,8	57,8	57,1	57,3	57,3	57,46	0,321
VM 15	56,9	56,8	56,2	57	56,9	56,76	0,321

Client 3 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
VM 1	53,3	53,7	53,5	53,9	53,6	53,6	0,224
VM 2	52,4	52,8	52,6	53	52,6	52,68	0,228
VM 3	51,5	51,8	51,4	51,7	52	51,68	0,239
VM 4	50,3	50,4	50,3	50,7	50,5	50,44	0,167
VM 5	50,6	50,8	50,5	50,8	50,5	50,64	0,152
VM 6	50,3	50,7	50,3	50,2	50,3	50,36	0,195
VM 7	49,7	49,6	49,8	49,5	49,5	49,62	0,13
VM 8	49,5	49,7	49,6	49,4	49,1	49,46	0,23
VM 9	49	48,4	48,3	48,4	48,1	48,44	0,336
VM 10	47,1	47,7	47,4	47,8	48	47,6	0,354
VM 11	46,7	46,6	46,9	46,2	46,2	46,52	0,311
VM 12	47	46,8	46,2	46,3	46,2	46,5	0,374
VM 13	45,4	45,2	45,6	45,4	45,6	45,44	0,167
VM 14	44,5	44,3	45	44,2	44,5	44,5	0,308
VM 15	43,5	43,2	43,6	43,1	43,7	43,42	0,259

Client 4 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
VM 1	44,5	45	44,8	44,7	44,8	44,76	0,182
VM 2	44,5	44,2	44,7	44,4	44,2	44,4	0,212
VM 3	43,6	43,8	43,2	43,5	43,4	43,5	0,224
VM 4	42,2	42,8	43	42,3	42,6	42,58	0,335
VM 5	42,9	42,9	42,8	42,3	42,9	42,76	0,261
VM 6	42,5	42,8	42,8	42,6	42,9	42,72	0,164
VM 7	41,7	41,6	41,1	42	41,3	41,54	0,351
VM 8	41,1	41,5	41,6	41,1	41,4	41,34	0,23
VM 9	42	41,8	41,8	41,5	41,9	41,8	0,187
VM 10	40,5	40,7	41	40,9	40,8	40,78	0,192
VM 11	40	40	39,8	39,7	39,6	39,82	0,179
VM 12	39,7	40	40	39,7	39,2	39,72	0,327
VM 13	38,2	39,8	39,9	39,4	39,2	39,3	0,678
VM 14	38,8	38,2	38,8	38,9	39	38,74	0,313
VM 15	38,2	38,6	38,4	38,3	38,5	38,4	0,158

Client 5 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
VM 1	34,2	35	34,9	34,2	34,4	34,54	0,385
VM 2	34,9	34,6	34,9	34,5	35	34,78	0,217
VM 3	32,4	32,2	32,3	32,9	32,5	32,46	0,27
VM 4	31,2	32	31,6	32	31,7	31,7	0,332
VM 5	31,5	32	31,2	32	31,6	31,66	0,344
VM 6	28,6	28,4	28,8	28,6	28,6	28,6	0,141
VM 7	28,6	28,2	28,7	28,5	28,8	28,56	0,23
VM 8	26,1	26,2	26,7	26,3	26,9	26,44	0,344
VM 9	25,1	25,9	25,9	25,9	25,9	25,74	0,358
VM 10	24,8	24,9	24,1	24,5	24,7	24,6	0,316
VM 11	23,7	23,1	23,3	23,2	24	23,46	0,378
VM 12	23,9	23,4	23,4	24	24	23,74	0,313
VM 13	22,9	22,9	22,4	22,4	22,8	22,68	0,259
VM 14	22,3	22,5	22,2	22,4	22,5	22,38	0,13
VM 15	21,6	21,2	21,9	21,7	22	21,68	0,311

Client 1 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
VM 1	96,7	85,3	91,1	80,5	86,6	88,04	5,492
VM 2	85	95,8	83,4	90,8	78,1	86,62	6,121
VM 3	73,6	74,4	99,4	75,4	95,6	83,68	11,36
VM 4	83,6	66,8	70,4	94,3	95,6	82,14	11,87
VM 5	94,4	84,1	81,2	84,5	63,4	81,52	10,1
VM 6	60,1	81	98,5	64,5	98	80,42	16,14
VM 7	61,1	100,5	77,4	74	84,7	79,54	12,97
VM 8	89,9	74,7	69,3	62,5	99,3	79,14	13,53
VM 9	77,5	73	82,2	74,6	85,7	78,6	4,732
VM 10	81	67,3	73,1	81	86,3	77,74	6,709
VM 11	78,4	70,2	85,1	76,3	74,7	76,94	4,89
VM 12	92,2	81,9	61,8	76,8	66,7	75,88	10,83
VM 13	78,5	68,3	78,1	84,6	69,1	75,72	6,183
VM 14	81,4	66,3	65	67,1	91,9	74,34	10,61
VM 15	77,3	95,1	60,8	72,5	62,8	73,7	12,31

Client 2 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
VM 1	60,6	59,7	70,3	65,7	60,6	63,38	4,056
VM 2	67,3	62,5	59	69,5	57,5	63,16	4,628
VM 3	50,4	65	69,9	66,5	64	63,16	6,686
VM 4	60,1	61,7	64,5	70	58,8	63,02	3,975
VM 5	50,7	58,1	68,6	70,5	67,2	63,02	7,491
VM 6	59,2	56,6	57,7	70,4	70,4	62,86	6,211
VM 7	66,8	60,4	60,9	67,7	58,4	62,84	3,708
VM 8	58,5	65	55,3	68,9	60	61,54	4,831
VM 9	65,6	53,7	56,3	63,6	64,3	60,7	4,769
VM 10	55,1	53,8	62,6	61	68,8	60,26	5,428
VM 11	64,9	57,1	65,7	61,5	51,2	60,08	5,377
VM 12	59	50,3	66,6	68,2	54,5	59,72	6,867
VM 13	55,7	58,6	65,7	54,8	61,3	59,22	3,966
VM 14	55,9	55,9	65,5	55,6	59	58,38	3,771
VM 15	59,7	54,7	54,9	62,5	58,1	57,98	2,955

Client 3 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
VM 1	56,2	57,6	50,1	54,4	50,3	53,72	3,049
VM 2	60,9	56,9	45,7	53,2	48,6	53,06	5,483
VM 3	56,4	56,5	45,6	55,9	50	52,88	4,38
VM 4	55,4	59,3	42,4	52,5	54,4	52,8	5,654
VM 5	43,8	59	47,4	58,7	46,9	51,16	6,4
VM 6	49,2	51,4	58	49,7	45,6	50,78	4,075
VM 7	58,3	51,1	42,9	43,1	57,5	50,58	6,674
VM 8	46,1	56,6	43,3	50,5	53,3	49,96	4,791
VM 9	55	55,6	42,2	41,3	55,7	49,96	6,714
VM 10	46,6	55,6	52,6	50,2	42,4	49,48	4,607
VM 11	57,1	55,1	51,3	40,1	41,3	48,98	7,023
VM 12	40,8	54,8	57,5	40,2	49,8	48,62	7,078
VM 13	56,3	41,6	43,1	49,2	48,5	47,74	5,2
VM 14	50,4	44,4	46,2	48,2	46,1	47,06	2,059
VM 15	40,4	56,6	40,8	44,2	51,2	46,64	6,309

Client 4 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
VM 1	45,2	49,9	48,5	30,5	50,9	45	7,501
VM 2	42,9	32,9	46	46,1	49,8	43,54	5,752
VM 3	40,7	45,5	42,2	40,5	47,3	43,24	2,707
VM 4	42,8	46,4	43	31,2	49,9	42,66	6,291
VM 5	39,4	46,2	45,5	30,9	49,6	42,32	6,59
VM 6	48,7	50	32,8	30,1	48,8	42,08	8,733
VM 7	40,1	50,6	42,9	30,4	45,6	41,92	6,721
VM 8	47,5	38,7	35,2	41,9	44,8	41,62	4,348
VM 9	44,9	37,4	48,7	42,3	34,7	41,6	5,041
VM 10	44	36,1	47,8	35,2	43,7	41,36	4,889
VM 11	44,8	50,5	48,6	31,5	30,2	41,12	8,594
VM 12	36,5	46,8	38,4	37,6	45,8	41,02	4,365
VM 13	36,6	47,7	48,4	35,1	35,5	40,66	6,058
VM 14	35,6	46,1	33,6	41,2	42,6	39,82	4,595
VM 15	43,2	33,8	49,7	30,3	41	39,6	6,886

Client 5 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
VM 1	36,3	32,1	36,7	37,4	31,5	34,8	2,482
VM 2	35,3	32,9	39,2	22,3	38,6	33,66	6,122
VM 3	34,8	24	32	37,7	39,6	33,62	5,458
VM 4	25,6	24,8	39,4	38,9	39,3	33,6	6,865
VM 5	40,5	32	29,3	25,3	38,9	33,2	5,742
VM 6	36,2	24,1	32	38,3	33,5	32,82	4,871
VM 7	34,1	29,6	26,7	34,3	38	32,54	3,952
VM 8	36,7	21,9	29,5	40,2	33,6	32,38	6,316
VM 9	25	36,1	25,4	37,7	35,1	31,86	5,502
VM 10	38,3	23,9	26,9	39,6	23,3	30,4	7,099
VM 11	28,9	34,9	26,6	26,4	35,2	30,4	3,898
VM 12	23,6	23,6	39,7	40,8	24,2	30,38	8,069
VM 13	39	24,2	33	29,1	25,7	30,2	5,343
VM 14	29,2	30,6	23,3	35,5	27,4	29,2	3,992
VM 15	28,6	25,1	29,7	34,2	23,3	28,18	3,795

Jitter (mildidetik) :

Client 1 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	0	0	0	0	0	0	0
2 VM	0	0	0	0	0	0	0
3 VM	0,01	0	0,02	0	0	0,006	0,008
4 VM	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,018	0,007
5 VM	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,032	0,01
6 VM	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,038	0,007
7 VM	0,01	0,05	0,07	0,05	0,06	0,048	0,02
8 VM	0,03	0,03	0,07	0,06	0,07	0,052	0,018
9 VM	0,1	0,08	0,05	0,02	0,05	0,06	0,028
10 VM	0,1	0,09	0,04	0,06	0,04	0,066	0,025
11 VM	0,07	0,01	0,09	0,1	0,09	0,072	0,032
12 VM	0,1	0,1	0,06	0,05	0,05	0,072	0,023
13 VM	0,07	0,07	0,08	0,06	0,09	0,074	0,01
14 VM	0,1	0,03	0,08	0,07	0,09	0,074	0,024
15 VM	0,1	0,04	0,09	0,1	0,09	0,084	0,022

Client 2 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	0,11	0,11	0,2	0,12	0,14	0,136	0,034
2 VM	0,12	0,19	0,12	0,12	0,19	0,148	0,034
3 VM	0,12	0,18	0,13	0,16	0,17	0,152	0,023
4 VM	0,18	0,13	0,18	0,16	0,11	0,152	0,028
5 VM	0,18	0,11	0,18	0,19	0,12	0,156	0,034
6 VM	0,19	0,16	0,12	0,17	0,17	0,162	0,023
7 VM	0,17	0,18	0,14	0,19	0,17	0,17	0,017
8 VM	0,19	0,22	0,15	0,17	0,21	0,188	0,026
9 VM	0,21	0,22	0,25	0,22	0,25	0,23	0,017
10 VM	0,25	0,27	0,22	0,3	0,23	0,254	0,029
11 VM	0,29	0,29	0,24	0,24	0,24	0,26	0,024
12 VM	0,29	0,26	0,25	0,24	0,27	0,262	0,017
13 VM	0,3	0,3	0,26	0,22	0,23	0,262	0,034
14 VM	0,28	0,26	0,24	0,27	0,3	0,27	0,02
15 VM	0,27	0,27	0,28	0,24	0,3	0,272	0,019

Client 3 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	0,32	0,32	0,35	0,38	0,31	0,336	0,026
2 VM	0,4	0,33	0,31	0,33	0,31	0,336	0,033
3 VM	0,34	0,32	0,34	0,35	0,36	0,342	0,013
4 VM	0,31	0,31	0,4	0,38	0,32	0,344	0,038
5 VM	0,34	0,32	0,32	0,35	0,4	0,346	0,029
6 VM	0,36	0,39	0,35	0,35	0,31	0,352	0,026
7 VM	0,39	0,36	0,32	0,31	0,39	0,354	0,034
8 VM	0,4	0,38	0,38	0,32	0,32	0,36	0,033
9 VM	0,38	0,38	0,35	0,4	0,32	0,366	0,028
10 VM	0,33	0,36	0,4	0,38	0,37	0,368	0,023
11 VM	0,39	0,38	0,37	0,34	0,39	0,374	0,019
12 VM	0,45	0,42	0,44	0,41	0,44	0,432	0,015
13 VM	0,41	0,5	0,46	0,45	0,48	0,46	0,03
14 VM	0,43	0,5	0,43	0,48	0,48	0,464	0,029
15 VM	0,45	0,48	0,49	0,53	0,5	0,49	0,026

Client 4 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	0,72	0,77	0,71	0,75	0,73	0,736	0,022
2 VM	0,78	0,77	0,77	0,71	0,72	0,75	0,029
3 VM	0,8	0,78	0,71	0,79	0,77	0,77	0,032
4 VM	0,83	0,84	0,82	0,84	0,81	0,828	0,012
5 VM	0,86	0,81	0,81	0,84	0,82	0,828	0,019
6 VM	0,84	0,87	0,84	0,87	0,85	0,854	0,014
7 VM	0,84	0,88	0,88	0,84	0,85	0,858	0,018
8 VM	0,82	0,83	0,9	0,85	0,9	0,86	0,034
9 VM	0,85	0,87	0,87	0,88	0,85	0,864	0,012
10 VM	0,86	0,9	0,89	0,81	0,88	0,868	0,032
11 VM	0,93	0,94	0,99	0,92	0,91	0,938	0,028
12 VM	0,94	0,97	0,94	0,97	0,95	0,954	0,014
13 VM	0,95	0,96	0,93	0,96	0,98	0,956	0,016
14 VM	1	0,99	0,91	0,95	1	0,97	0,035
15 VM	1	0,96	1	0,99	0,98	0,986	0,015

Client 5 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	1,12	1,11	1,18	1,16	1,13	1,14	0,026
2 VM	1,14	1,12	1,18	1,12	1,17	1,146	0,025
3 VM	1,14	1,17	1,18	1,18	1,15	1,164	0,016
4 VM	1,16	1,13	1,2	1,18	1,16	1,166	0,023
5 VM	1,16	1,17	1,18	1,17	1,19	1,174	0,01
6 VM	1,14	1,15	1,2	1,2	1,18	1,174	0,025
7 VM	1,26	1,28	1,24	1,22	1,22	1,244	0,023
8 VM	1,27	1,25	1,28	1,22	1,29	1,262	0,025
9 VM	1,21	1,3	1,29	1,22	1,3	1,264	0,04
10 VM	1,41	1,48	1,42	1,42	1,5	1,446	0,037
11 VM	1,47	1,47	1,44	1,44	1,42	1,448	0,019
12 VM	1,44	1,43	1,46	1,48	1,49	1,46	0,023
13 VM	1,51	1,53	1,59	1,59	1,52	1,548	0,035
14 VM	1,55	1,56	1,54	1,6	1,53	1,556	0,024
15 VM	1,59	1,51	1,59	1,6	1,58	1,574	0,033

Client 1 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	0	0	0	0	0	0	0
2 VM	0	0	0	0	0	0	0
3 VM	0	0	0	0	0	0	0
4 VM	0	0	0	0	0	0	0
5 VM	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,014	0,005
6 VM	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,026	0,01
7 VM	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,032	0,01
8 VM	0,03	0,08	0,05	0,02	0,03	0,042	0,021
9 VM	0,05	0,01	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02
10 VM	0,05	0,01	0,08	0,05	0,05	0,048	0,022
11 VM	0,05	0,06	0,09	0,06	0,05	0,062	0,015
12 VM	0,07	0,1	0,09	0,07	0,05	0,076	0,017
13 VM	0,07	0,01	0,1	0,08	0,05	0,062	0,031
14 VM	0,08	0,01	0,1	0,09	0,07	0,07	0,032
15 VM	0,08	0,01	0,1	0,1	0,08	0,074	0,033

Client 2 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	0,06	0,09	0,13	0,07	0,07	0,084	0,025
2 VM	0,13	0,08	0,09	0,06	0,06	0,084	0,026
3 VM	0,08	0,14	0,12	0,07	0,06	0,094	0,031
4 VM	0,08	0,08	0,11	0,14	0,07	0,096	0,026
5 VM	0,07	0,08	0,14	0,12	0,08	0,098	0,027
6 VM	0,13	0,14	0,08	0,08	0,14	0,114	0,028
7 VM	0,14	0,13	0,09	0,08	0,15	0,118	0,028
8 VM	0,17	0,19	0,13	0,15	0,09	0,146	0,034
9 VM	0,15	0,18	0,16	0,17	0,18	0,168	0,012
10 VM	0,17	0,24	0,19	0,19	0,19	0,196	0,023
11 VM	0,22	0,2	0,2	0,17	0,22	0,202	0,018
12 VM	0,18	0,22	0,16	0,25	0,24	0,21	0,035
13 VM	0,2	0,23	0,17	0,24	0,23	0,214	0,026
14 VM	0,17	0,25	0,21	0,24	0,21	0,216	0,028
15 VM	0,2	0,18	0,24	0,23	0,24	0,218	0,024

Client 3 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	0,33	0,31	0,32	0,31	0,39	0,332	0,03
2 VM	0,34	0,31	0,32	0,32	0,31	0,32	0,011
3 VM	0,34	0,33	0,32	0,35	0,37	0,342	0,017
4 VM	0,35	0,34	0,33	0,35	0,39	0,352	0,02
5 VM	0,35	0,34	0,33	0,36	0,4	0,356	0,024
6 VM	0,36	0,34	0,34	0,36	0,31	0,342	0,018
7 VM	0,37	0,35	0,36	0,36	0,39	0,366	0,014
8 VM	0,37	0,36	0,36	0,36	0,34	0,358	0,01
9 VM	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0
10 VM	0,38	0,37	0,37	0,37	0,39	0,376	0,008
11 VM	0,39	0,38	0,37	0,39	0,37	0,38	0,009
12 VM	0,4	0,39	0,38	0,39	0,37	0,386	0,01
13 VM	0,4	0,4	0,39	0,39	0,38	0,392	0,007
14 VM	0,4	0,4	0,4	0,39	0,35	0,388	0,019
15 VM	0,4	0,4	0,4	0,4	0,39	0,398	0,004

Client 4 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	0,63	0,67	0,62	0,67	0,61	0,64	0,025
2 VM	0,65	0,66	0,63	0,64	0,62	0,64	0,014
3 VM	0,69	0,62	0,64	0,62	0,63	0,64	0,026
4 VM	0,62	0,66	0,65	0,62	0,65	0,64	0,017
5 VM	0,68	0,68	0,66	0,61	0,65	0,656	0,026
6 VM	0,63	0,69	0,68	0,61	0,67	0,656	0,031
7 VM	0,61	0,7	0,68	0,62	0,67	0,656	0,035
8 VM	0,66	0,7	0,69	0,64	0,68	0,674	0,022
9 VM	0,63	0,7	0,7	0,64	0,69	0,672	0,031
10 VM	0,61	0,62	0,7	0,62	0,7	0,65	0,041
11 VM	0,71	0,8	0,73	0,74	0,72	0,74	0,032
12 VM	0,73	0,76	0,77	0,77	0,78	0,762	0,017
13 VM	0,75	0,77	0,79	0,78	0,8	0,778	0,017
14 VM	0,88	0,86	0,85	0,86	0,88	0,866	0,012
15 VM	0,82	0,81	0,89	0,89	0,9	0,862	0,039

Client 5 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	0,95	0,95	1	0,97	0,96	0,966	0,019
2 VM	0,97	0,93	0,92	0,96	1	0,956	0,029
3 VM	1,02	1,1	1,07	1,07	1,09	1,07	0,028
4 VM	1,05	1,05	1,06	1,02	1,07	1,05	0,017
5 VM	1,2	1,18	1,13	1,16	1,2	1,174	0,027
6 VM	1,18	1,19	1,11	1,11	1,13	1,144	0,034
7 VM	1,18	1,2	1,14	1,16	1,12	1,16	0,028
8 VM	1,23	1,23	1,29	1,27	1,25	1,254	0,023
9 VM	1,26	1,28	1,3	1,24	1,22	1,26	0,028
10 VM	1,28	1,26	1,29	1,21	1,27	1,262	0,028
11 VM	1,37	1,37	1,35	1,36	1,35	1,36	0,009
12 VM	1,37	1,38	1,31	1,38	1,34	1,356	0,027
13 VM	1,32	1,31	1,31	1,37	1,36	1,334	0,026
14 VM	1,32	1,35	1,36	1,4	1,37	1,36	0,026
15 VM	1,38	1,31	1,38	1,34	1,32	1,346	0,029

Packet loss (presentase) :

Client 1 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	0,9	0,5	0,5	1	0,5	0,68	0,223
2 VM	0,7	0,8	0,6	0,9	0,9	0,78	0,117
3 VM	0,7	0,7	0,8	0,5	1,4	0,82	0,306
4 VM	1,1	0,8	0,8	0,9	0,5	0,82	0,194
5 VM	0,6	0,8	1,4	0,7	1,2	0,94	0,307
6 VM	0,6	1,5	1	1	0,7	0,96	0,314
7 VM	0,9	1,4	1,1	1	0,6	1	0,261
8 VM	0,8	1,2	1,1	0,9	1,2	1,04	0,162
9 VM	0,7	0,5	1,3	1,4	1,5	1,08	0,402
10 VM	1,3	1,4	0,5	1,5	0,7	1,08	0,402
11 VM	1,4	1,3	1,1	1	0,6	1,08	0,279
12 VM	1,3	0,5	0,9	1,4	1,4	1,1	0,352
13 VM	1	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	0,126
14 VM	0,7	1,2	1,3	1,5	1,5	1,24	0,294
15 VM	1,2	1,4	1,5	1,5	1	1,32	0,194

Client 2 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	2,05	2,08	2,1	2,07	2,09	2,078	0,017
2 VM	2,18	2,17	2,17	2,18	2,2	2,18	0,011
3 VM	2,29	2,26	2,28	2,3	2,25	2,276	0,019
4 VM	2,26	2,26	2,26	2,27	2,25	2,26	0,006
5 VM	2,27	2,3	2,25	2,27	2,26	2,27	0,017
6 VM	2,26	2,26	2,27	2,26	2,28	2,266	0,008
7 VM	2,36	2,38	2,39	2,37	2,4	2,38	0,014
8 VM	2,38	2,35	2,35	2,39	2,38	2,37	0,017
9 VM	2,35	2,46	2,37	2,38	2,4	2,392	0,038
10 VM	2,59	2,58	2,59	2,57	2,55	2,576	0,015
11 VM	2,69	2,56	2,56	2,59	2,59	2,598	0,048
12 VM	2,68	2,68	2,7	2,67	2,7	2,686	0,012
13 VM	2,73	2,72	2,68	2,7	2,7	2,706	0,017
14 VM	2,77	2,77	2,75	2,78	2,77	2,768	0,01
15 VM	2,98	3	2,99	2,99	2,98	2,988	0,007

Client 3 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	4,18	4,17	4,17	4,17	4,2	4,178	0,012
2 VM	4,18	4,15	4,18	4,16	4,19	4,172	0,015
3 VM	4,3	4,25	4,26	4,3	4,27	4,276	0,021
4 VM	4,27	4,25	4,28	4,27	4,26	4,266	0,01
5 VM	4,36	4,4	4,38	4,37	4,39	4,38	0,014
6 VM	4,4	4,38	4,37	4,35	4,4	4,38	0,019
7 VM	4,49	4,5	4,46	4,45	4,5	4,48	0,021
8 VM	4,55	4,6	4,56	4,57	4,6	4,576	0,021
9 VM	4,68	4,66	4,68	4,65	4,67	4,668	0,012
10 VM	4,79	4,77	4,75	4,77	4,78	4,772	0,013
11 VM	4,9	4,88	4,9	4,87	4,9	4,89	0,013
12 VM	5	4,97	4,95	4,96	4,99	4,974	0,019
13 VM	5,09	5,09	5,09	5,06	5,1	5,086	0,014
14 VM	5,16	5,19	5,19	5,15	5,17	5,172	0,016
15 VM	5,3	5,25	5,28	5,3	5,26	5,278	0,02

Client 4 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	5,03	5,05	5,09	5,05	5,05	5,054	0,02
2 VM	5,11	5,14	5,18	5,15	5,11	5,138	0,026
3 VM	5,26	5,3	5,21	5,27	5,21	5,25	0,035
4 VM	5,39	5,38	5,32	5,4	5,38	5,374	0,028
5 VM	5,5	5,44	5,47	5,49	5,44	5,468	0,025
6 VM	5,6	5,54	5,57	5,55	5,56	5,564	0,021
7 VM	5,67	5,61	5,61	5,66	5,66	5,642	0,026
8 VM	5,79	5,72	5,77	5,79	5,79	5,772	0,027
9 VM	5,81	5,85	5,84	5,83	5,87	5,84	0,02
10 VM	5,97	5,94	5,96	5,93	5,99	5,958	0,021
11 VM	6,1	6,1	6,1	6,1	6,08	6,096	0,008
12 VM	6,29	6,26	6,28	6,24	6,21	6,256	0,029
13 VM	6,42	6,44	6,46	6,46	6,43	6,442	0,016
14 VM	6,52	6,52	6,58	6,57	6,58	6,554	0,028
15 VM	6,84	6,87	6,83	6,81	6,87	6,844	0,023

Client 5 VMWare ESXi							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-Rata	deviasi
1 VM	7,07	7,08	7,09	7,05	7,07	7,072	0,013
2 VM	7,3	7,29	7,29	7,28	7,25	7,282	0,017
3 VM	7,45	7,45	7,46	7,49	7,46	7,462	0,015
4 VM	7,7	7,7	7,65	7,7	7,7	7,69	0,02
5 VM	7,88	7,89	7,89	7,9	7,87	7,886	0,01
6 VM	8,08	8,06	8,08	8,08	8,1	8,08	0,013
7 VM	8,3	8,3	8,27	8,3	8,29	8,292	0,012
8 VM	8,49	8,48	8,45	8,48	8,5	8,48	0,017
9 VM	8,66	8,69	8,65	8,7	8,66	8,672	0,019
10 VM	8,88	8,85	8,9	8,87	8,85	8,87	0,019
11 VM	9,26	9,29	9,3	9,25	9,29	9,278	0,019
12 VM	9,45	9,45	9,49	9,49	9,5	9,476	0,022
13 VM	9,67	9,67	9,67	9,67	9,68	9,672	0,004
14 VM	9,85	9,86	9,9	9,89	9,88	9,876	0,019
15 VM	9,99	9,97	9,97	9,95	9,99	9,974	0,015

Client 1 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
2 VM	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,18	0,075
3 VM	0,2	0,4	0,3	0,1	0,2	0,24	0,102
4 VM	0,3	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3	0,126
5 VM	0,4	0,5	0,3	0,2	0,5	0,38	0,117
6 VM	0,4	0,6	0,4	0,2	0,5	0,42	0,133
7 VM	0,5	0,7	0,4	0,2	0,6	0,48	0,172
8 VM	0,5	0,8	0,5	0,2	0,6	0,52	0,194
9 VM	0,6	0,9	0,7	0,5	0,8	0,7	0,141
10 VM	0,8	0,9	0,8	0,6	0,8	0,78	0,098
11 VM	0,8	0,9	0,8	0,7	0,9	0,82	0,075
12 VM	0,9	0,9	0,9	0,8	1	0,9	0,063
13 VM	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,92	0,04
14 VM	1	1	0,9	1	1	0,98	0,04
15 VM	0,8	1	1	1	1	0,96	0,08

Client 2 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	2,01	2,01	2,04	2,05	2,05	2,032	0,018
2 VM	2,14	2,14	2,15	2,15	2,13	2,142	0,007
3 VM	2,15	2,15	2,13	2,12	2,13	2,136	0,012
4 VM	2,22	2,22	2,23	2,25	2,23	2,23	0,011
5 VM	2,23	2,24	2,25	2,23	2,25	2,24	0,009
6 VM	2,24	2,21	2,23	2,23	2,21	2,224	0,012
7 VM	2,32	2,32	2,35	2,35	2,33	2,334	0,014
8 VM	2,35	2,32	2,33	2,33	2,32	2,33	0,011
9 VM	2,34	2,33	2,31	2,35	2,34	2,334	0,014
10 VM	2,39	2,36	2,36	2,36	2,36	2,366	0,012
11 VM	2,43	2,45	2,41	2,41	2,42	2,424	0,015
12 VM	2,44	2,44	2,44	2,41	2,44	2,434	0,012
13 VM	2,54	2,52	2,51	2,55	2,51	2,526	0,016
14 VM	2,55	2,52	2,53	2,51	2,53	2,528	0,013
15 VM	2,53	2,52	2,52	2,52	2,55	2,528	0,012

Client 3 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	4,04	4,04	4,05	4,05	4,01	4,038	0,015
2 VM	4,04	4,05	4,03	4,03	4,01	4,032	0,013
3 VM	4,12	4,13	4,14	4,15	4,14	4,136	0,01
4 VM	4,18	4,17	4,17	4,17	4,19	4,176	0,008
5 VM	4,2	4,2	4,19	4,2	4,15	4,188	0,019
6 VM	4,19	4,18	4,16	4,16	4,16	4,17	0,013
7 VM	4,19	4,19	4,16	4,16	4,19	4,178	0,015
8 VM	4,27	4,26	4,27	4,27	4,26	4,266	0,005
9 VM	4,25	4,27	4,28	4,28	4,3	4,276	0,016
10 VM	4,37	4,36	4,35	4,39	4,38	4,37	0,014
11 VM	4,4	4,39	4,35	4,39	4,37	4,38	0,018
12 VM	4,36	4,39	4,35	4,36	4,38	4,368	0,015
13 VM	4,5	4,47	4,46	4,46	4,5	4,478	0,018
14 VM	4,56	4,55	4,57	4,57	4,57	4,564	0,008
15 VM	4,66	4,69	4,65	4,68	4,7	4,676	0,019

Client 4 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	5,07	5,01	5,04	5,01	5,04	5,034	0,022
2 VM	5,09	5,02	5,05	5,06	5,1	5,064	0,029
3 VM	5,18	5,15	5,12	5,18	5,11	5,148	0,029
4 VM	5,14	5,17	5,18	5,14	5,14	5,154	0,017
5 VM	5,25	5,25	5,28	5,28	5,26	5,264	0,014
6 VM	5,32	5,39	5,32	5,33	5,36	5,344	0,027
7 VM	5,38	5,4	5,37	5,39	5,36	5,38	0,014
8 VM	5,41	5,5	5,44	5,44	5,5	5,458	0,036
9 VM	5,56	5,6	5,56	5,56	5,56	5,568	0,016
10 VM	5,68	5,62	5,64	5,62	5,63	5,638	0,022
11 VM	5,77	5,74	5,77	5,77	5,79	5,768	0,016
12 VM	5,76	5,79	5,75	5,72	5,79	5,762	0,026
13 VM	5,85	5,83	5,83	5,87	5,84	5,844	0,015
14 VM	5,96	5,99	6	5,91	5,93	5,958	0,034
15 VM	5,98	5,93	5,95	5,97	5,96	5,958	0,017

Client 5 Hyper V							
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Rata-rata	deviasi
1 VM	6,06	6,01	6,05	6,04	6,1	6,052	0,029
2 VM	6,22	6,28	6,22	6,3	6,29	6,262	0,035
3 VM	6,49	6,41	6,45	6,5	6,5	6,47	0,035
4 VM	6,62	6,68	6,7	6,62	6,65	6,654	0,032
5 VM	6,86	6,9	6,85	6,89	6,85	6,87	0,021
6 VM	7,06	7,04	7,02	7,08	7,02	7,044	0,023
7 VM	7,23	7,23	7,26	7,26	7,23	7,242	0,015
8 VM	7,41	7,42	7,49	7,49	7,47	7,456	0,034
9 VM	7,69	7,62	7,63	7,63	7,63	7,64	0,025
10 VM	7,81	7,87	7,88	7,81	7,9	7,854	0,037
11 VM	8,02	8,1	8,03	8,1	8,06	8,062	0,034
12 VM	8,2	8,2	8,17	8,11	8,14	8,164	0,035
13 VM	8,4	8,35	8,39	8,39	8,37	8,38	0,018
14 VM	8,32	8,4	8,32	8,36	8,31	8,342	0,034
15 VM	8,37	8,4	8,32	8,4	8,34	8,366	0,032

LAMPIRAN F: HASIL PENGUKURAN OVERHEAD

Overhead diukur dalam satuan detik

CPU - VMWARE											
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu Rata-Rata
1	124,3	124,21	124,02	124,22	124,12	124,04	124,05	124,1	124,05	124,03	124,114
2	124,29	124,25	124,18	124,25	124,1	124,09	124,05	124,08	124,01	124,12	124,142
3	124,31	124,29	124,38	124,12	124,22	124,19	124,24	124,31	124,27	124,19	124,252
4	124,35	124,38	124,39	124,27	124,26	124,21	124,43	124,21	124,36	124,32	124,318
5	124,34	124,38	124,45	124,44	124,46	124,43	124,41	124,44	124,45	124,46	124,426
6	124,52	124,62	124,45	124,47	124,48	124,49	124,51	124,5	124,48	124,47	124,499
7	124,56	124,63	124,61	124,51	124,51	124,52	124,53	124,39	124,45	124,45	124,516
8	124,51	124,56	124,58	124,61	124,57	124,45	124,52	124,53	124,51	124,48	124,532
9	124,55	124,51	124,64	124,56	124,54	124,51	124,53	124,51	124,49	124,49	124,533
10	124,61	124,53	124,58	124,53	124,52	124,53	124,59	124,56	124,59	124,53	124,557
11	124,54	124,56	124,59	124,58	124,51	124,54	124,51	124,61	124,62	124,59	124,565
12	124,63	124,58	124,59	124,62	124,53	124,56	124,57	124,67	124,69	124,65	124,609
13	124,71	124,73	124,75	124,76	124,81	124,69	124,73	124,75	124,71	124,72	124,736
14	124,73	124,86	124,89	124,91	124,75	124,81	124,75	124,76	124,78	124,85	124,809
15	124,89	124,93	124,92	124,96	124,94	124,97	124,92	124,98	125,01	124,948	124,948

Memory-VMWARE											
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu Rata-Rata
1	86,23	86,21	86,31	86,19	86,23	86,23	86,24	86,31	86,22	86,23	86,244
2	86,34	86,45	86,43	86,41	86,32	86,43	86,54	86,51	86,49	86,43	86,435
3	86,51	86,52	86,59	86,6	86,56	86,52	86,53	86,62	86,56	86,53	86,554
4	86,65	86,67	86,72	86,62	86,68	86,65	86,67	86,71	86,7	86,69	86,676
5	86,86	86,92	86,85	87,05	87,01	86,93	86,89	86,79	86,92	86,98	86,92
6	87,12	87,04	87,15	87,14	87,09	87,05	87,15	87,19	87,18	87,2	87,131
7	87,23	87,21	87,15	87,25	87,23	87,21	87,19	87,25	87,26	87,31	87,229
8	87,45	87,49	87,42	87,41	87,45	87,56	87,49	87,48	87,41	87,47	87,463
9	87,46	87,51	87,4	87,52	87,53	87,54	87,51	87,52	87,56	87,55	87,51
10	87,56	87,61	87,63	87,65	87,69	87,71	87,65	87,63	87,64	87,68	87,645
11	87,72	87,69	87,68	87,63	87,65	87,69	87,71	87,7	87,72	87,71	87,69
12	87,73	87,74	87,75	87,79	87,72	87,78	87,79	87,75	87,78	88,01	87,784
13	87,83	87,79	87,85	87,74	87,75	87,79	87,78	87,81	88,06	88,01	87,841
14	87,98	87,87	87,91	87,84	87,87	87,98	88,04	88,02	88,12	88,11	87,974
15	88,01	87,95	87,89	87,99	88,04	88,12	88,06	88,01	88,02	88,13	88,01

Disk - VMWARE											
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu Rata-Rata
1	75,2	75,18	75,19	75,23	75,24	75,17	75,24	75,19	75,21	75,24	75,209
2	75,3	75,54	75,43	75,45	75,51	75,32	75,43	75,4	75,32	75,29	75,399
3	75,48	75,42	75,43	75,48	75,1	75,42	75,43	75,49	75,42	75,44	75,411
4	75,49	75,51	75,52	75,49	75,53	75,48	75,52	75,56	75,53	75,48	75,511
5	75,61	75,58	75,56	75,54	75,53	75,56	75,58	75,53	75,52	75,56	75,557
6	75,53	75,54	75,56	75,58	75,52	75,51	75,9	75,58	75,58	75,54	75,584
7	75,61	75,63	75,61	75,58	75,59	75,63	75,61	75,62	75,59	75,62	75,609
8	75,75	75,76	75,82	75,75	75,54	75,77	75,82	75,73	75,65	75,78	75,737
9	75,82	75,68	75,72	75,91	75,72	75,97	75,87	75,78	75,82	75,97	75,826
10	76,01	76,05	76,12	76,15	76,09	76,14	76,02	76,03	75,98	75,96	76,055
11	76,12	76,13	76,09	76,05	76,15	76,21	76,14	76,15	76,19	76,2	76,143
12	76,25	76,24	76,31	76,25	76,19	76,29	76,25	76,22	76,23	76,21	76,244
13	76,35	76,41	76,32	76,48	76,65	76,61	76,59	76,58	76,58	76,59	76,516
14	76,62	76,59	76,63	76,67	76,73	76,71	76,69	76,64	76,69	76,68	76,665
15	76,78	76,82	76,81	76,75	76,78	76,83	76,83	76,85	76,89	76,95	76,829

CPU -Hyper V												
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu Rata-Rata	Deviasi
1	124,36	124,26	124,12	124,21	124,33	124,1	123,95	123,9	124,1	123,85	124,118	0,176
2	124,31	124,46	124,32	124,31	124,31	124,36	124,31	124,02	124,05	124,04	124,249	0,154
3	124,53	124,51	124,49	124,41	124,42	124,54	124,36	124,2	124,09	124,1	124,365	0,174
4	124,58	124,46	124,43	124,49	124,41	124,39	124,32	124,31	124,22	124,31	124,392	0,105
5	124,46	124,44	124,42	124,42	124,44	124,39	124,33	124,32	124,33	124,39	124,394	0,051
6	124,54	124,56	124,43	124,45	124,41	124,41	124,43	124,36	124,39	124,31	124,429	0,075
7	124,54	124,52	124,31	124,47	124,51	124,43	124,41	124,46	124,32	124,39	124,436	0,08
8	124,62	124,58	124,51	124,42	124,51	124,47	124,43	124,41	124,32	124,25	124,452	0,112
9	124,63	124,52	124,51	124,47	124,64	124,42	124,53	124,41	124,42	124,32	124,487	0,1
10	124,61	124,58	124,59	124,58	124,49	124,45	124,49	124,46	124,45	124,44	124,514	0,068
11	124,62	124,66	124,54	124,51	124,48	124,49	124,53	124,54	124,53	124,51	124,541	0,057
12	124,89	124,88	124,79	124,74	124,68	124,58	124,65	124,63	124,62	124,59	124,705	0,115
13	124,95	125,12	125,12	124,98	124,93	125,19	125,1	124,81	124,72	124,65	124,957	0,183
14	124,95	125,12	125,12	124,98	124,93	125,19	125,1	125,03	125,15	125,01	125,058	0,09
15	125,46	125,31	125,24	125,21	125,24	125,32	125,31	125,28	125,24	125,21	125,282	0,075

Memory-Hyper V												
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu Rata-Rata	Deviasi
1	86,39	86,33	86,32	86,31	86,29	86,28	86,25	86,26	86,24	86,22	86,289	0,05
2	86,52	86,44	86,43	86,49	86,47	86,43	86,45	86,43	86,42	86,41	86,449	0,034
3	86,61	86,7	86,65	86,67	86,61	86,59	86,58	86,62	86,58	86,57	86,618	0,043
4	86,72	86,83	86,75	86,74	86,75	86,74	86,77	86,73	86,72	86,71	86,746	0,034
5	87,02	87,18	86,98	86,85	86,83	86,82	86,84	86,88	86,82	86,83	86,905	0,119
6	87,17	87,18	87,01	86,94	87,04	87,12	87,08	87,03	87,01	86,98	87,056	0,08
7	87,37	87,25	87,32	87,31	87,43	87,38	87,36	87,34	87,32	87,31	87,339	0,049
8	87,42	87,56	87,52	87,51	87,49	87,56	87,54	87,52	87,53	87,51	87,516	0,04
9	87,73	87,69	87,72	87,74	87,73	87,72	87,72	87,69	87,71	87,7	87,715	0,017
10	87,97	87,81	87,96	87,99	88	87,95	87,96	87,94	87,93	87,92	87,943	0,053
11	88,11	88,14	88,24	88,15	88,14	88,11	88,02	88,05	88,04	88,01	88,101	0,072
12	88,25	88,37	88,32	88,31	88,29	88,24	88,23	88,21	88,2	88,21	88,263	0,057
13	88,65	88,55	88,54	88,53	88,54	88,51	88,49	88,53	88,52	88,51	88,537	0,043
14	88,82	88,79	88,78	88,76	88,76	88,72	88,73	88,74	88,73	88,71	88,754	0,035
15	89,09	89,02	88,98	88,92	88,91	88,78	88,74	88,73	88,72	88,74	88,863	0,138

Disk - Hyper-V												
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu Rata-Rata	Deviasi
1	67.02	67.14	67.12	67.05	67.12	67.11	67.06	67.09	67.06	67.01	67.078	0.045
2	67.32	67.29	67.31	67.24	67.25	67.36	67.39	67.32	67.29	67.25	67.302	0.049
3	67.71	67.61	67.59	67.54	67.54	67.52	67.54	67.51	67.52	67.51	67.559	0.063
4	67.74	67.75	67.72	67.71	67.61	67.51	67.52	67.51	67.5	67.51	67.608	0.11
5	68.18	68.14	67.92	67.85	67.78	67.73	67.74	67.72	67.71	67.72	67.849	0.177
6	68.13	68.15	68.11	68.15	68.14	68.09	68.07	68.05	68.04	68.01	68.094	0.05
7	68.26	68.23	68.24	68.25	68.27	68.26	68.24	68.23	68.21	68.19	68.238	0.024
8	68.78	68.6	68.51	68.43	68.42	68.31	68.32	68.31	68.34	68.29	68.431	0.159
9	68.95	68.96	68.72	68.71	68.65	68.66	68.65	68.68	68.62	68.61	68.721	0.128
10	69.02	69.12	69.04	69.05	69.08	69.1	69.06	69.03	69.01	68.95	69.046	0.049
11	69.13	69.15	69.21	69.17	69.14	69.13	69.12	69.14	69.14	69.08	69.141	0.033
12	69.23	69.24	69.23	69.25	69.21	69.25	69.32	69.28	69.32	69.31	69.264	0.041
13	69.31	69.34	69.3	69.28	69.29	69.3	69.31	69.33	69.31	69.28	69.305	0.02
14	69.41	69.38	69.37	69.39	69.35	69.32	69.31	69.32	69.3	69.29	69.344	0.042
15	69.43	69.45	69.47	69.52	69.41	69.43	69.44	69.43	69.42	69.41	69.441	0.033

LAMPIRAN G HASIL PENGUKURAN LINEARITY

linearity diukur dalam satuan detik

CPU - VMWare ESXi												
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	waktu rata-rata	Deviasi
1	124,3	124,21	124,02	124,22	124,12	124,04	124,05	124,1	124,05	124,03	124,114	0,097091
2	124,33	124,32	124,31	124,41	124,31	124,32	124,29	124,28	124,31	124,36	124,324	0,037138
3	124,56	124,57	124,54	124,61	124,51	124,58	124,43	124,58	124,57	124,43	124,538	0,062681
4	124,67	124,68	124,61	124,65	124,71	124,68	124,69	124,64	124,63	124,72	124,668	0,035214
5	124,71	124,69	124,72	124,71	124,74	124,73	124,72	124,73	124,74	124,75	124,724	0,017764
6	124,89	124,87	124,85	124,85	124,98	125,03	125,01	124,96	125,1	125,03	124,957	0,087819
7	125,02	125,06	125,03	125,12	125,03	125,13	125,14	125,05	125,1	125,09	125,077	0,044734
8	125,11	125,16	125,21	125,24	125,25	125,32	125,31	125,29	125,28	125,31	125,248	0,069889
9	125,43	125,41	125,52	125,51	125,48	125,49	125,56	125,51	125,55	125,54	125,5	0,049216
10	125,63	125,67	125,61	125,62	125,71	125,69	125,68	125,7	125,69	125,72	125,672	0,038816
11	125,75	125,78	125,72	125,81	125,79	125,82	125,78	125,75	125,8	125,81	125,781	0,032128
12	125,84	126,02	126,05	126,12	126,04	126,11	126,09	126,03	126,13	126,05	126,048	0,082973
13	126,12	126,15	126,11	126,2	126,17	126,18	126,21	126,25	126,21	126,22	126,182	0,04492
14	126,25	126,34	126,43	126,39	126,29	126,46	126,54	126,43	126,48	126,39	126,4	0,088066
15	126,46	126,48	126,53	126,41	126,48	126,52	126,56	126,57	126,55	126,54	126,53	0,05099

Memory-VMWare ESXi												
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu rata-rata	Deviasi
1	86,23	86,21	86,31	86,19	86,23	86,27	86,24	86,31	86,22	86,23	86,244	0,040332
2	86,35	86,56	86,58	86,55	87,68	87,74	87,79	87,85	87,94	87,97	87,301	0,688807
3	87,53	87,65	87,71	87,73	87,52	87,65	87,69	87,77	87,84	88,01	87,71	0,144145
4	87,98	88,15	88,25	88,54	88,37	88,76	88,65	88,83	88,85	88,99	88,537	0,336949
5	88,21	88,34	88,52	88,96	88,67	88,78	88,54	88,69	88,56	89,14	88,641	0,275094
6	88,98	89,14	88,95	89,25	89,32	89,54	89,33	89,32	89,55	89,64	89,302	0,233419
7	91,45	91,55	91,68	91,68	91,75	91,81	91,45	91,63	91,73	89,91	91,464	0,559949
8	92,97	93,45	93,43	93,32	93,27	93,56	93,49	93,31	93,2	93,62	93,362	0,190718
9	97,42	97,52	97,74	97,84	97,97	98,23	98,43	98,65	98,63	98,75	98,19556	0,447217
10	98,05	98,23	98,45	98,33	98,75	98,65	98,84	98,71	98,79	98,88	98,568	0,285533
11	98,24	98,35	98,46	98,58	98,63	98,72	98,69	98,75	98,83	98,97	98,58333	0,196342
12	99,45	99,67	99,54	99,97	100,45	99,92	101,43	101,86	102,39	101,65	100,633	0,109366
13	101,98	102,12	102,34	102,45	102,55	102,32	102,84	102,75	102,99	102,74	102,508	0,325399
14	103,74	103,77	103,74	103,69	103,83	104,14	104,32	104,43	104,54	104,65	104,085	0,374444
15	105,27	105,46	105,05	106,67	107,42	107,32	107,87	108,35	108,52	108,84	107,177	1,274388

Disk - VMWare ESXi												
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Waktu rata-rata	Deviasi
1	75,2	75,18	75,19	75,23	75,24	75,17	75,24	75,19	75,21	75,24	75,209	0,026854
2	102,96	103,1	103,16	103,56	103,78	103,65	104,24	104,55	104,76	104,94	103,87	0,716007
3	112,3	112,64	113,21	113,67	113,67	115,27	114,46	114,89	114,35	115,43	113,882	1,158414
4	122,04	122,54	122,78	122,54	123,34	123,54	124,65	124,76	125,03	125,32	123,654	1,19474
5	133,9	134,54	134,24	134,54	134,25	134,78	135,25	135,67	135,83	135,98	134,898	0,736234
6	142,57	143,05	143,65	144,35	143,89	144,65	145,12	145,76	145,55	145,9	144,449	1,135321
7	151,9	153,45	154,89	155,65	156,87	157,21	158,03	159,76	160,32	162,91	157,099	3,32464
8	163,28	163,67	164,25	164,78	165,24	165,55	165,87	166,03	166,39	166,98	165,204	1,19965
9	175,02	175,32	175,39	175,68	176,49	177,42	177,86	178,08	178,12	178	176,738	1,290468
10	200,42	200,78	201,79	201,45	202,65	203,54	203,12	203,54	203,74	203,65	202,468	1,261012
11	209,89	210,56	210,67	211,64	211,56	211,65	212,23	212,54	212,32	212,42	211,548	0,901884
12	230,54	231,65	232,56	233,89	233,56	234,67	234,65	235,12	235,15	235,73	233,707	1,627765
13	235,02	236,15	237,89	238,68	238,99	239,34	239,89	240,12	240,43	240,5	238,701	1,851741
14	274,32	275,46	276,29	277,48	278,36	279,77	280,83	281,67	282,09	282,68	278,895	2,954263
15	356,78	357,87	358,45	359,78	360,65	360,78	361,37	363,62	364,65	364,77	360,872	2,791653

CPU - Hyper V											
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Deviasi
1	124,36	124,26	124,12	124,21	124,33	124,1	123,95	123,9	124,1	123,85	124,118
2	124,53	124,52	124,42	124,65	124,52	124,65	124,57	124,54	124,53	124,49	124,542
3	125,05	125,06	125,1	125,12	125,06	125,08	125,07	125,04	125,03	125,02	125,063
4	125,27	125,46	125,32	125,34	125,31	125,37	125,34	125,31	125,33	125,32	125,317
5	125,44	125,48	125,38	125,39	125,34	125,36	125,39	125,45	125,46	125,41	125,41
6	125,53	125,56	125,57	125,55	125,54	125,53	125,49	125,54	125,48	125,43	125,522
7	125,61	125,67	125,62	125,63	125,62	125,6	125,59	125,58	125,57	125,56	125,605
8	125,7	125,78	125,71	125,72	125,68	125,69	125,71	125,72	125,71	125,8	125,722
9	125,85	125,92	125,87	125,98	126,1	125,84	125,92	125,99	125,94	125,97	125,938
10	125,92	125,91	125,98	126,01	126,04	125,98	125,96	126,09	126,12	126,03	126,004
11	126,1	126,25	126,15	126,19	126,14	126,17	126,18	126,21	126,19	126,2	126,178
12	126,3	126,31	126,35	126,39	126,38	126,41	126,32	126,34	126,29	126,28	126,337
13	126,45	126,41	126,53	126,39	126,61	126,38	126,51	126,71	126,53	126,4	126,512
14	126,56	126,65	126,79	126,72	126,68	126,63	126,64	126,52	126,69	126,63	126,651
15	126,74	126,75	126,76	126,89	127,1	127,2	126,92	126,99	127,09	127,05	126,949

Memory - Hyper-V											
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Deviasi
1	86,39	86,33	86,32	86,31	86,29	86,78	86,25	86,26	86,24	86,22	86,289
2	87,16	86,83	87,32	87,46	86,54	86,45	85,98	86,03	87,21	86,54	86,752
3	87,46	87,45	87,65	87,95	87,84	87,95	87,34	87,43	88,02	87,95	87,704
4	88,21	88,22	88,32	88,41	88,56	88,43	88,43	88,14	88,23	88,34	88,329
5	88,66	88,85	89,98	87,85	88,92	89,94	88,32	88,86	88,54	87,98	88,79
6	88,7	91,88	89,97	88,97	89,91	90,89	91,03	90,32	90,12	90,09	90,188
7	92,66	94,43	92,31	91,13	93,24	91,54	90,49	92,54	91,76	91,53	92,163
8	95,26	94,22	93,29	92,97	93,46	92,94	93,76	93,21	93,29	93,76	93,616
9	94,19	95,59	94,38	93,98	94,04	94,82	94,54	94,38	94,89	94,58	94,539
10	96,5	93,32	94,36	95,03	94,95	94,99	95,02	95,05	95,12	95,09	94,943
11	93,78	97,54	95,47	95,29	95,36	95,42	95,45	97,83	95,32	96,43	95,789
12	96,51	96,81	96,58	97,82	96,03	97,74	96,32	96,38	98,76	97,35	97,03
13	97,29	96,58	98,29	98,73	96,89	97,39	98,04	96,98	97,65	97,89	97,573
14	99,5	99,69	99,89	99,46	102,24	98,39	99,45	99,42	98,98	99,34	99,636
15	103,43	99,23	102,42	102,41	101,97	100,78	104,32	103,24	102,76	101,43	102,199

Disk-Hyper V											
Jumlah VM	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9	Percobaan 10	Deviasi
1	67,02	67,14	67,12	67,05	67,12	67,11	67,06	67,09	67,06	67,01	67,078
2	74,93	74,92	73,25	75,42	73,43	72,71	75,41	73,29	72,54	72,01	73,791
3	73,47	78,43	75,82	78,42	77,72	75,35	78,92	79,81	79,65	79,43	77,702
4	82,62	82,49	82,46	82,71	82,67	82,37	86,72	85,43	86,78	88,87	84,372
5	91,39	93,89	94,65	94,33	91,98	92,87	95,65	98,99	96,4	98,32	94,847
6	95,97	97,69	99,82	94,42	95,56	96,75	96,83	98,76	99,73	98,78	97,431
7	103,78	99,29	104,12	102,5	103,5	102,8	104,8	103,4	105,4	102,3	103,189
8	121,28	115,62	124,56	123,27	122,91	123,12	123,41	125,24	124,3	125,6	122,931
9	149,52	123,31	148,45	139,81	141,49	139,92	138,68	140,78	149,2	143,9	141,506
10	175,99	173,49	175,45	173,23	178,49	176,45	177,89	176,84	179,4	175,32	176,255
11	199,54	206,02	189,24	178,9	179,4	182,45	183,69	194,94	195,44	194,32	190,394
12	219,99	192,32	198,89	195,32	195,54	196,64	197,78	198,98	194,32	197,34	198,512
13	226,83	227,92	223,5	228,6	215,4	210,56	214,52	214,5	216,3	217,9	219,603
14	248,92	212,59	235,56	229,34	228,67	234,41	241,29	251,01	248,87	247,79	235,645
15	230,01	249,72	251,82	243,89	249,98	278,87	273,45	268,98	278,87	265,54	259,113

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Lowe, *Mastering VMware vSphere 5*. John Wiley & Sons, 2011.
- [2] A. Greenberg, "what goes to data center," 2009. [Online]. Available: <http://research.microsoft.com/pubs/81782/2009-06-19%20Data%20Center%20Tutorial%20-%20SIGMETRICS.pdf>. [Accessed: 08-Sep-2015].
- [3] J. Hwang, S. Zeng, F. Y. Wu, and T. Wood, "A component-based performance comparison of four hypervisors," in *2013 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM 2013)*, 2013, pp. 269–276.
- [4] *Mastering Cloud Computing*. Tata McGraw-Hill Education, 2013.
- [5] B. Golden, *Virtualization For Dummies*. John Wiley & Sons, 2011.
- [6] K. Chandrasekaran, *Essentials of Cloud Computing*. CRC Press, 2014.
- [7] G. Schulz, *Cloud and Virtual Data Storage Networking*. CRC Press, 2011.
- [8] B. Quétiér, V. Neri, and F. Cappello, "Scalability Comparison of Four Host Virtualization Tools," *J. Grid Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 83–98, Mar. 2007.
- [9] W. R. Stanek, *Microsoft Windows Server 2012 Inside Out*. Microsoft Press, 2013.
- [10] P. D. Tender, *Mastering Hyper v*. Packt Publishing Ltd, 2015.
- [11] H. Stagner, *Pro Hyper v*. Apress, 2009.
- [12] R. Meersman, T. Dillon, and P. Herrero, *On the Move to Meaningful Internet Systems: Confederated International Conferences: CoopIS, IS, DOA and ODBASE, Hersonissos, Crete, Greece, October 25-29, 2010, Proceedings*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [13] L. Mazalan, S. S. S. Hamdan, N. Masudi, H. Hashim, R. A. Rahman, N. Md Tahir, N. M. Zaini, R. Rosli, and H. A. Omar, "Throughput analysis of LAN and WAN network based on socket buffer length using JPerf," in *2013 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, 2013, pp. 621–625.

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Danar Pertasi Hidayat. Lahir di Depok, 12 Juli 1992, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Dibesarkan di kota Depok, penulis memulai pendidikan formal di SDN Beji 1 pada tahun 1998, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Depok pada tahun 2004, dan pada jenjang berikutnya melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Depok hingga lulus pada tahun 2010. Setamat dari SMA, penulis meneruskan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Jakarta pada tahun 2010 sampai 2013. Pada tahun yang sama 2013 melanjutkan tingkat S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan jurusan Teknik Elektro dengan Prodi Telekomunikasi Multimedia. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email : danarpertasi@gmail.com